UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO DE ARTES PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

SIRANA PALASSI FASSINA

QUALIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE FACHADA QUANTO À
DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL: O CASO DO INSTITUTO FEDERAL DO
ESPÍRITO SANTO *CAMPUS* COLATINA

SIRANA PALASSI FASSINA

QUALIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE FACHADA QUANTO À DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL: O CASO DO INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO *CAMPUS* COLATINA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, na linha de pesquisa Patrimônio, Sustentabilidade e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Andréa Coelho Laranja

VITÓRIA - ES

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP) (Biblioteca Setorial do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Fassina, Sirana Palassi, 1983-

F249q

Qualificação dos dispositivos de fachada quanto à disponibilidade de luz natural : o caso do Instituto Federal do Espírito Santo-*campus* Colatina / Sirana Palassi Fassina. – 2017. 205 f. : il.

Orientador: Andréa Coelho Laranja.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes.

Iluminação natural.
 Balcões (Arquitetura) – Iluminação.
 Brise-sollei.
 Fachadas.
 Prateleira de luz (Arquitetura).
 Laranja, Andréa Coelho.
 Universidade Federal do Espírito
 Santo.
 Centro de Artes.
 III. Título.

CDU: 72

SIRANA PALASSI FASSINA

"QUALIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE FACHADA QUANTO À DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL: O CASO DO INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CAMPUS COLATINA"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em 25 de abril de 2017.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Andréa Coelho Laranja (orientadora – PPGAU/UFES)

Profa. Dra. Cristina Engel de Alvarez (membro interno – PPGAU/UFES)

Profa. Dra. Cynthia Marconsini Loureiro Santos (membro externo – UVV)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas bênçãos em minha vida.

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe, que sempre me mostrou a importância do estudo e da busca pelo conhecimento, e ao meu pai, que me ensinou que mesmo as coisas mais simples devem ser feitas da melhor forma possível.

Agradeço ao meu marido, Alexandre Cypreste Amorim, por todo apoio ao longo dessa caminhada, por toda a compreensão e conselhos, dados sempre com muita paciência e amor. Obrigada por torcer por mim em todos os momentos.

A minha orientadora e professora Andréa Coelho Laranja, pelo aprendizado, orientações e pela confiança em mim depositada no decorrer desta pesquisa.

As professoras Cristina Engel de Alvarez e Cynthia Marconsini, que gentilmente aceitaram participar e contribuir na avaliação desta pesquisa.

A secretaria do PPGAU/UFES.

A amiga Renata Mattos Simões, pelos conselhos durante o processo, pela paciência e pela diversão proporcionada nos momentos de ansiedade.

Aos amigos e companheiros do Ifes, em especial aos professores Rodolfo, Aline Vargas, Amábeli, Agostinho e José Maria, e aos colegas da T.I., Vander, Fabiano e Hugo, que participaram e me ajudaram nessa caminhada. Agradeço pelo apoio e compreensão nessa etapa.

Aos meus queridos alunos, que acompanharam meu processo e torceram por este momento comigo.

A todos os meus amigos, por entenderem minha ausência, sabendo que esta é uma etapa importante de minha vida.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.



RESUMO

O uso da luz natural no ambiente interno traz benefícios aos usuários e influencia diretamente no seu comportamento e na sensação de conforto. Essas características, são ainda mais importantes quando aplicadas a ambientes escolares, afetando diretamente o desenvolvimento e o aprendizado dos alunos. Por esse motivo, tem-se buscado otimizar o aproveitamento da luz natural no ambiente interno, de forma a aumentar seu desempenho e amenizar possíveis inconvenientes decorrentes do uso deste recurso. Dentre as estratégias, o uso de dispositivos externos à fachada é importante por auxiliar na distribuição e aumento da luz natural nos espaços internos. Considerando as possibilidades, essa pesquisa buscou qualificar o desempenho de elementos de fachada na disponibilidade de iluminação natural, tendo como base uma sala de aula padrão do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) campus Colatina. A metodologia de trabalho se baseou em simulações computacionais através do programa Troplux 7, onde foram definidos seis modelos de balcão refletor, ora associado a prateleiras de luz, ora associado aos brises, totalizando doze objetos de estudo. As simulações foram realizadas para todo os dias do ano, das 7h às 17h, para as principais orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste) e em três condições de céu: céu encoberto (CIE 3), céu parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12). Nas análises observou-se a disponibilidade de luz natural no ambiente interno, com os percentuais de horas do dia nos intervalos das UDI (*Useful Daylight Illuminance*) ao longo do ano, os percentuais de uniformidade da luz natural no ambiente interno e o comportamento da luz natural com relação à profundidade do ambiente. Os resultados mostraram que a existência de uma superfície refletora próxima aos peitoris das janelas influenciou nos resultados apresentados, independente de sua associação ora a prateleira de luz, ora aos brises. Foi possível concluir também que o uso de prateleiras se mostrou com desempenho superior, havendo maior admissão da luz dentro da faixa desejável (500≤E≤2000lx), com reduções das iluminâncias excessivas e maior uniformidade da iluminância no ambiente interno. Entretanto, os resultados apresentados pelos modelos associados aos brises mostrou-se igual ou pouco inferior ao obtido pelos modelos associados à prateleira de luz, o que demonstra adequabilidade dos dispositivos diante das variáveis analisadas.

Palavras chave: iluminação natural. balcões refletores associados a prateleiras de luz e brises. disponibilidade da luz natural. dispositivos de fachada

ABSTRACT

The use of natural light in the internal environment benefits users and influences directly on their behaviour and sense of comfort. These features are even more important when applied to educational environments, affecting the students' development and learning. For this reason, researches have been performed in order to optimize the use of natural light in internal environments, increasing its performance and reducing occasional drawbacks. Amongst different approaches, the use of external devices is found important at assisting the distribution and intensity of natural light in internal spaces. Being that, this research assessed the performance of façade elements and their contribution to provide natural light in a classroom at the Federal Institute of Espírito Santo, campus Colatina. The method was based on computer simulations using Troplux 7 software, where 12 different models of light reflectors were presented, being 6 models associated with light shelves and other 6 with brise soleil. The simulations were performed for every day of the year, from 7:00 am to 5:00 pm, considering the main cardinal directions (North, South, East and West) and in three sky conditions: overcast skies (CIE 3), partly cloudy (CIE 7) and clear sky (CIE 12). The analysis showed the availability of natural light in the internal environment, with the percentage of hours of the day in the intervals of the UDI (Useful Daylight Illuminance) throughout the year, the percentages of uniformity of natural light in the internal environment and the behaviour of natural light along the extension of the room. The results showed that the existence of a reflective surface near the window influenced the results, regardless of the light shelf or the brise soleil. It was possible to conclude that the use of light shelves proved to be grater the the brise soleil, with greater acceptance of light within the desirable range (500 $\leq E \leq 2000lx$), with reductions of excessive illuminance and greater uniformity of illuminance on the internal environment. However, the results presented by the models associated with the brise soleil proved to be equal or a little lower than obtained by the models associated with the light shelf, demonstrating suitability of devices on the analysed variables.

Keywords: natural light. light reflectors associated of the light shelf and brise soleil. availability of natural light. facade devices

Lista de Figuras

Figura 1: Distribuição padrão da luz através das aberturas laterais	34
Figura 2: Área de trabalho e entorno imediato, com os índices de uniformidade	40
Figura 3: Síntese do método adotado nesta pesquisa	43
Figura 4: Mapa com a localização de Colatina	44
Figura 5: Planta Baixa e Corte (sem escala) da sala de aula padrão adotada	45
Figura 6: Planta Baixa (sem escala) com o layout padrão da sala de aula adotada	45
Figura 7: Planta de situação com a localização da sala de aula padrão adotada	46
Figura 8: Fachada do Ifes com destaque para a sala de aula padrão adotada	46
Figura 9: Fachada do Ifes com destaque para as aberturas existentes	46
Figura 10: Detalhe das jardineiras existentes ao longo da fachada	47
Figura 11: Tela inicial do TropLux 7.3.2	48
Figura 12: Janela de processamento de iluminância do TropLux 7.3.2	50
Figura 13: Carta solar de Colatina, gerada pelo programa SOL-AR	51
Figura 14: Modelo M1P	52
Figura 15: Modelo M1B	52
Figura 16: Modelo M2P	54
Figura 17: Modelo M2B	54
Figura 18: Modelo M3P_int	56
Figura 19: Modelo M3B_int	56
Figura 20: Modelo M4P_ext	58
Figura 21: Modelo M4B_ext	58
Figura 22: Modelo M5P_int	60
Figura 23: Modelo M5B_int	60
Figura 24: Modelo M6P_ext	62
Figura 25: Modelo M6B_ext	62
Figura 26: Localização da edificação obstruidora existente em todos os modelos simulado	os.64
Figura 27: Propriedades de envidraçamento x ângulo de incidência do vidro padrão utilizado pelo programa TropLux	

Figura 28: Tabela com os 15 modelos de céu da CIE (2003), com destaque para os tipos de utilizados nesta pesquisa	
Figura 29: Opção de utilização pelo TropLux 7 dos parâmetros da NBR ISO/CIE 8995-1 p determinação da malha	
Figura 30: Planta baixa esquemática e sem escala, com os pontos de medição da iluminâr determinados pelo TropLux	
Figura 31: Percentual de uniformidade fornecido pelo programa Troplux	70
Figura 32: Planta baixa com os pontos de medição utilizados	74
Figura 33: Modelo M1P	77
Figura 34: Modelo M1B	77
Figura 35: Modelo M2P_int	95
Figura 36: Modelo M2B_int	95
Figura 37: Modelo M3P_int	113
Figura 38: Modelo M3P_int	113
Figura 39: Modelo M4P_ext	130
Figura 40: Modelo M4B_ext	130
Figura 41: Modelo M5P_int	147
Figura 42: Modelo M5B_int	147
Figura 43: Modelo M6P_ext	164
Figura 44: Modelo M6B_ext	164
Figura 45: Modelo M7	198

Lista de Tabelas

Tabela 1: Tamanhos da malha recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1	67
Tabela 2: Tabela com as refletâncias utilizadas nos modelos	69
Tabela 3: Determinação da iluminância mínima na superfície de trabalho pela NE 8995-1	

Lista de Quadros

Quadro 1: Esquema da incidência solar direta nos modelos M1P e M1B5
Quadro 2: Esquema da incidência solar direta nos modelos M2P e M2B5
Quadro 3: Esquema da incidência solar direta nos modelos M3P_int e M3B_int5
Quadro 4: Esquema da incidência solar direta nos modelos M4P_ext e M4B_ext5
Quadro 5: Esquema da incidência solar direta nos modelos M5P_int e M5B_int 6
Quadro 6: Esquema da incidência solar direta nos modelos M6P_ext e M6B_ext6
Quadro 7: Desempenho dos modelos M1P e M1B na análise de Percentual das UDI 7
Quadro 8: Desempenho dos modelos M1P e M1B na análise de Iluminância
Quadro 9: Desempenho dos modelos M1P e M1B na análise de Uniformidade 8
Quadro 10: Performance dos modelos M1P e M1B na análise de Percentual das UDI 9
Quadro 11: Síntese das análises dos modelos M1P e M1B9
Quadro 12: Desempenho dos modelos M2P e M2B na análise de Percentual das UDI 9
Quadro 13: Desempenho dos modelos M2P e M2B na análise de Iluminância10
Quadro 14: Desempenho dos modelos M2P e M2B na análise da Uniformidade10
Quadro 15: Desempenho dos modelos M2P e M2B na análise de Decaimento da Luz Natura
Quadro 16: Síntese das análises dos modelos M2P e M2B
Quadro 17: Performance dos modelos M3P_int e M3B_int na análise de Percentual das UD
Quadro 18: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise de Iluminância 12
Quadro 19: Desempenho dos modelos M3P int e M3B int na análise de Uniformidade 12:
Quadro 20: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise do Decaimento da Lu Natural12
Quadro 20: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise do Decaimento da Lu
Quadro 20: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise do Decaimento da Lu Natural12
Quadro 20: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise do Decaimento da Lu. Natural
Quadro 20: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise do Decaimento da Lu. Natural

Quadro 26: Síntese das análises, com destaque para a melhor performance entre os modelos M4P_ext e M4B_ext
Quadro 27: Desempenho dos modelos M5P_int e M5B_int na análise de Percentual das UD
Quadro 28: Performance dos modelos M5P_int e M5B_int na análise de Iluminâncias 154
Quadro 29: Desempenho dos modelos M5P_int e M5B_int na análise de Uniformidade 155
Quadro 30: Performance dos modelos M5P_int e M5B_int na análise de Decaimento da Luz Natural163
Quadro 31: Síntese das análises dos modelos M5P_int e M5B_int164
Quadro 32: Performance dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Percentual das UD
Quadro 33: Performance dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Iluminância 172
Quadro 34: Desempenho dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Uniformidade 173
Quadro 35: Performance dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Decaimento d Luz Natural
Quadro 36: Síntese das análises, com destaque para a melhor performance entre os modelos M6P_ext e M6B_ext181
Quadro 37: Tabela síntese final com o desempenho de todos os modelos nas variáveis analisadas
Quadro 38: Performance dos modelos M7 na análise de Percentual das UDI199
Quadro 39: Performance dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Iluminância 202
Quadro 40: Desempenho dos modelos M7 na análise de Uniformidade202
Quadro 41: Performance dos modelos M7 na análise de Decaimento d Luz Natural 205
Quadro 42: Síntese das análises, com destaque para a melhor performance entre os modelos M7

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Gráfico utilizado para análise dos Percentuais das UDI	. 72
Gráfico 2: Gráfico utilizado para análise da Iluminância	. 73
Gráfico 3: Gráfico utilizado para análise da Uniformidade	. 73
Gráfico 4: Gráfico utilizado para a Análise de Decaimento da luz	. 75
Gráfico 5: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M1P e M1B.	. 78
Gráfico 6: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M1P e M1B	. 78
Gráfico 7: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M1P e M1B.	. 79
Gráfico 8: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M1P e M1B	. 79
Gráfico 9: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M1P e M1B	. 80
Gráfico 10: Iluminância, Norte, CIE 12 (Claro), modelos M1P e M1B	. 81
Gráfico 11: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M1P e M1B	. 81
Gráfico 12: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M1P e M1B	. 82
Gráfico 13: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M1P e M1B	. 82
Gráfico 14: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelos M1P e M1B	. 83
Gráfico 15: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M1P e M1B	. 84
Gráfico 16: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelos M1P e M1B	. 84
Gráfico 17: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M1P	. 86
Gráfico 18: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M1B	. 86
Gráfico 19: Decaimento da luz, M1P, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nubla	
Gráfico 20: Decaimento da luz, M1B, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nubla	,
Gráfico 21: Decaimento da luz, M1P, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)	. 88
Gráfico 22: Decaimento da luz, M1B, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)	. 88
Gráfico 23: Decaimento da luz, M1P, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nubla	,
Gráfico 24: Decaimento da luz, M1B, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nubla	,
Gráfico 25: Decaimento da luz, M1P, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)	. 90

Gráfico 26: Decaimento da luz, M1B, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)90
Gráfico 27: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 28: Decaimento da luz, M1B, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 29: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)91
Gráfico 30: Decaimento da luz, M1B, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)91
Gráfico 31: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado). 92
Gráfico 32: Decaimento da luz, M1B, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado). 92
Gráfico 33: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)92
Gráfico 34: Decaimento da luz, M1B, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)
Gráfico 35: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M2P e M2B96
Gráfico 36: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M2P e M2B 96
Gráfico 37: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M2P e M2B96
Gráfico 38: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M2P e M2B
Gráfico 39: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M2P e M2B
Gráfico 40: Iluminância, Norte, CIE 12 (Claro), modelos M2P e M2B98
Gráfico 41: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M2P e M2B99
Gráfico 42: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M2P e M2B99
Gráfico 43: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M2P e M2B 100
Gráfico 44: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelos M2P e M2B
Gráfico 45: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M2P e M2B 101
Gráfico 46: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelo M2P e M2B
Gráfico 47: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M2P103
Gráfico 48: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M2B104
Gráfico 48: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M2B
Gráfico 49: Decaimento da luz, M2P, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)

Gráfico 52: Decaimento da luz, M2B, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 106
Gráfico 53: Decaimento da luz, M2P, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 54: Decaimento da luz, M2B, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 55: Decaimento da luz, M2P, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)
Gráfico 56: Decaimento da luz, M2B, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)107
Gráfico 57: Decaimento da luz, M2P, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 58: Decaimento da luz, M2B, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 59: Decaimento da luz, M2P, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)
Gráfico 60: Decaimento da luz, M2B, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)
Gráfico 61: Decaimento da luz, M2P, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 62: Decaimento da luz, M2B, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 63: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)
Gráfico 64: Decaimento da luz, M1B, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)110
Gráfico 65: Percentuais de iluminância dos intervalos da UDI - Norte, modelos M3P_int e M3B_int114
Gráfico 66: Percentuais de iluminância dos intervalos da UDI - Sul, modelos M3P_int e M3B_int114
Gráfico 67: Percentuais de iluminância dos intervalos da UDI - Leste, modelos M3P_int e M3B_int114
Gráfico 68: Percentuais de iluminância dos intervalos da UDI - Oeste, modelos M3P_int e M3B_int114
Gráfico 69: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M3P_int e M3B_int 116
Gráfico 70: Iluminância, Norte, CIE 12 (Claro), modelos M3P_int e M3B_int
Gráfico 71: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente encoberto), modelos M3P_int e M3B_int. 117
Gráfico 72: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M3P_int e M3B_int117
Gráfico 73: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M3P_int e M3B_int 118
Gráfico 74: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelos M3P_int e M3B_int 118

Gráfico 75: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M3P_int e M3B_int 119
Gráfico 76: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelos M3P_int e M3B_int119
Gráfico 77: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M3P_int 121
Gráfico 78: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M3B_int 121
Gráfico 79: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 80: Decaimento da luz, M3B_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 81: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 123
Gráfico 82: Decaimento da luz, M3B_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 123
Gráfico 83: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 84: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 85: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 125
Gráfico 86: Decaimento da luz, M3B_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 125
Gráfico 87: Decaimento da luz, M3P_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 88: Decaimento da luz, M3B_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 89: Decaimento da luz, M3P_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 126
Gráfico 90: Decaimento da luz, M3B_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 126
Gráfico 91: Decaimento da luz, M3P_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 92: Decaimento da luz, M3B_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 93: Decaimento da luz, M3P_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 127
Gráfico 94: Decaimento da luz, M3B_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 127
Gráfico 95: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M4P_ext e M4B_ext
Gráfico 96: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M4P_ext e M4B_ext
Gráfico 97: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M4P_ext e M4B_ext

Gráfico 98: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M4P_ext e M4B_ext131
Gráfico 99: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M4P_ext e M4B_ext
Gráfico 100: Iluminância, Norte, CIE 12 (Claro), modelos M4P_ext e M4B_ext 133
Gráfico 101: Iluminância anual, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M4P_ext e M4B_ext
Gráfico 102: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M4P_ext e M4B_ext 134
Gráfico 103: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M4P_ext e M4B_ext
Gráfico 104: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelos M4P_ext e M4B_ext 135
Gráfico 105: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M4P_ext e M4B_ext
Gráfico 106: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelo M4P_ext e M4B_ext 136
Gráfico 107: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M4P_ext 138
Gráfico 108: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M4B_ext 138
Gráfico 109: Decaimento da luz, M4P_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 110: Decaimento da luz, M4B_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)140
Gráfico 111: Decaimento da luz, M4P_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 140
Gráfico 112: Decaimento da luz, M4B_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 140
Gráfico 113: Decaimento da luz, M4P_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)141
Gráfico 114: Decaimento da luz, M4B_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)141
Gráfico 115: Decaimento da luz, M4P_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 141
Gráfico 116: Decaimento da luz, M4B_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 141
Gráfico 117: Decaimento da luz, M4P_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)142
Gráfico 118: Decaimento da luz, M4B_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)142
Gráfico 119: Decaimento da luz, M4P_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 142
Gráfico 120: Decaimento da luz, M4B_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 142

Gráfico 121: Decaimento da luz, M4P_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado) 143
Gráfico 122: Decaimento da luz, M4B_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 123: Decaimento da luz, M4P_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 144
Gráfico 124: Decaimento da luz, M4B_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 144
Gráfico 125: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M5P_int e M5B_int148
Gráfico 126: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M5P_int e M5B_int148
Gráfico 127: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M5P_int e M5B_int148
Gráfico 128: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M5P_int e M5B_int148
Gráfico 129: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M5P_int e M5B_int149
Gráfico 130: Iluminância, Norte, CIE 12 (Claro), modelos M5P_int e M5B_int 150
Gráfico 131: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M5P_int e M5B_int 150
Gráfico 132: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M5P_int e M5B_int151
Gráfico 133: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M5P_int e M5B_int151
Gráfico 134: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelos M5P_int e M5B_int 152
Gráfico 135: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M5P_int e M5B_int
Gráfico 136: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelo M5P_int e M5B_int 153
Gráfico 137: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M5P_int 154
Gráfico 138: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M5B_int 155
Gráfico 139: Decaimento da luz, M5P_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 140: Decaimento da luz, M5B_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)157
Gráfico 141: Decaimento da luz, M5P_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 157
Gráfico 142: Decaimento da luz, M5B_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 157

Gráfico 143: Decaimento da luz, M5P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 144: Decaimento da luz, M5B_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 145: Decaimento da luz, M5P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 159
Gráfico 146: Decaimento da luz, M5B_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)
Gráfico 147: Decaimento da luz, M5P_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 148: Decaimento da luz, M5B_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 149: Decaimento da luz, M5P_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)
Gráfico 150: Decaimento da luz, M5B_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)
Gráfico 151: Decaimento da luz, M5P_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 152: Decaimento da luz, M5B_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 153: Decaimento da luz, M5P_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 162
Gráfico 154: Decaimento da luz, M5B_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 162
Gráfico 155: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M6P_ext e M6B_ext
Gráfico 156: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M6P_ext e M6B_ext
Gráfico 157: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M6P_ext e M6B_ext
Gráfico 158: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M6P_ext e M6B_ext
Gráfico 159: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M6P_ext e M6B_ext
Gráfico 160: Iluminância, Norte, CIE 12 (Claro), modelos M6P_ext e M6B_ext 168
Gráfico 161: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M6P_ext e M6B_ext 168
Gráfico 162: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M6P_ext e M6B_ext
Gráfico 163: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M6P_ext e M6B_ext
Gráfico 164: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelos M6P_ext e M6B_ext

Gráfico 165: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M6P_ext e M6B_ext
Gráfico 166: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelo M6P_ext e M6B_ext 171
Gráfico 167: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M6P_ext 172
Gráfico 168: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M6B_ext 173
Gráfico 169: Decaimento da luz, M6P_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 170: Decaimento da luz, M6B_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)174
Gráfico 171: Decaimento da luz, M6P_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 175
Gráfico 172: Decaimento da luz, M6B_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 175
Gráfico 173: Decaimento da luz, M6P_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 174: Decaimento da luz, M6B_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 175: Decaimento da luz, M6P_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)
Gráfico 176: Decaimento da luz, M6B_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 176
Gráfico 177: Decaimento da luz, M6P_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 178: Decaimento da luz, M6B_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)177
Gráfico 179: Decaimento da luz, M6P_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 177
Gráfico 180: Decaimento da luz, M6B_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro) 177
Gráfico 181: Decaimento da luz, M6P_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 182: Decaimento da luz, M6B_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)
Gráfico 183: Decaimento da luz, M6P_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 179
Gráfico 184: Decaimento da luz, M6B_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro) 179
Gráfico 185: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M7 198
Gráfico 186: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M7 198
Gráfico 187: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M7 198
Gráfico 188: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M7 198

Gráfico 189: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelo M7	199
Gráfico 190: Iluminância, Norte, CIE 12 (Claro), modelo M7	199
Gráfico 191: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelo M7	200
Gráfico 192: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelo M7	200
Gráfico 193: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelo M7	200
Gráfico 194: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelo M7	201
Gráfico 195: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelo M7	201
Gráfico 196: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelo M7	201
Gráfico 197: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M7	202
Gráfico 198: Decaimento da luz, M7, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nu	ıblado) 203
Gráfico 199: Decaimento da luz, M7, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nu	ıblado) 203
Gráfico 200: Decaimento da luz, M7, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)	203
Gráfico 201: Decaimento da luz, M7, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)	203
Gráfico 202: Decaimento da luz, M7, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nu	00.4
Gráfico 203: Decaimento da luz, M7, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublac	do)204
Gráfico 204: Decaimento da luz, M7, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)	204
Gráfico 205: Decaimento da luz, M7, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)	204
Gráfico 206: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M1P	
Gráfico 207: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M2P	
Gráfico 208: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M3F M3B_int	
Gráfico 209: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M4P M4B_ext	_
Gráfico 210: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M5F M5B_int	_
Gráfico 211: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M6P_M6B_ext	_

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Ifes – Instituto Federal do Espírito Santo

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

CIE - Commission Internationale De L'eclairage

UDI – Useful Daylight Illuminance

PMC – Prefeitura Municipal de Colatina

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	26
1.1	Justificativa	28
1.2.1	Objetivos Geral Específicos	29 29 29
1.3	Estrutura da Dissertação	29
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1	lluminação natural para a saúde e o conforto	31
2.2	Iluminação natural em escolas	34
2.3	Disponibilidade da luz natural no ambiente interno	37
3.	METODOLOGIA	42
3.	Etapas Metodológicas 1.1 Localização e característica de Colatina – ES 1.2 Ambiente escolhido	44 44 44
3.2	Ferramenta de Simulação: o programa Troplux 7	47
3. 3. 3. 3. 3.	Parâmetros das simulações 3.1 Modelos de estudo 3.2 Tipos de céu 3.3 Dias e horários das simulações 3.4 Azimutes 3.5 Plano de trabalho 3.6 Refletâncias 3.7 Indicadores de desempenho para avaliação 3.8 Tratamento de dados	50 50 65 66 66 67 69 69 71
4.	RESULTADOS E ANÁLISES	77
	Análise dos modelos M1P e M1B: balcão refletor na situação real,	77
4. 4. 4.	1.1 Percentuais das UDIS 1.2 Iluminância 1.3 Uniformidade 1.4 Análise do decaimento da luz natural	77 78 80 85 87

4.2 Ar	álise dos modelos M2P e M2B: sem balcão refletor, associados a	
pratele	iras de luz e aos brises	95
4.2.1	Percentuais das UDIS	95
4.2.2	lluminância	97
4.2.3	Uniformidade	103
4.2.4	Análise do decaimento da luz natural	104
4.3 Ar	alise dos modelos M3P e M3B: balcão refletor inclinado 30° para	a área
interna	, associados a prateleiras de luz e brises	112
4.3.1	Percentuais das UDIS	113
4.3.2	Iluminância	115
4.3.3	Uniformidade	120
4.3.4	Análise do decaimento da luz natural	122
4.4 Ar	álise dos modelos M4P e M4B: balcão refletor inclinado 30° para	a área
	a, associados a prateleiras de luz e brises	129
4.4.1	Percentuais das UDIS	130
4.4.2	Iluminância	132
4.4.3	Uniformidade	137
4.4.4	Análise do decaimento da luz natural	139
4.5 Ar	aálise dos modelos M5P e M5B: balcão refletor inclinado 15º para	a área
interna	, associados a prateleiras de luz e brises	146
	Percentuais das UDIS	147
4.5.2	Iluminância	149
4.5.3	Uniformidade	154
4.5.4	Análise do decaimento da luz natural	156
4.6 Ar	álise dos modelos M6P e M6B: balcão refletor inclinado 15° para	a área
	a, associados a prateleiras de luz e brises	164
4.6.1	•	165
4.6.2		167
4.6.3	Uniformidade	172
4.6.4	Análise do decaimento da luz natural	173
4.7 Cc	emparação final entre os modelos	181
5. CC	DNCLUSÕES	186
6. RE	FERÊNCIAS	189
7. AF	PÊNDICES	198
/. Ar	LINDICLO	130

1. INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo, a demanda energética tende a aumentar vertiginosamente para que seja possível atender à crescente necessidade da humanidade. Sabe-se que as edificações são responsáveis por grande parte do aumento desse consumo, situação essa que tende a crescer devido ao aumento da estabilidade econômica e ao acesso de maior parte da população às condições ambientais proporcionados pelas novas tecnologias (CAMPOS et al. 2012). Em função disso, o desenvolvimento de soluções integradas, que garantam um melhor desempenho energético da edificação como um todo, menor impacto e menor consumo são importantes, estando a iluminação natural em destaque por ser uma fonte de energia inesgotável e disponível na natureza.

Desta forma, um dos caminhos para a busca de soluções é a redução do uso da iluminação artificial, que pode ocorrer com um melhor aproveitamento da iluminação natural no ambiente interno das edificações. Para melhorar o desempenho da entrada de luz natural, algumas estratégias podem ser utilizadas, como otimização e redirecionamento da luz para os espaços de trabalho, redução do contraste próximo às janelas, acesso aos dispositivos de sombreamento, utilização de materiais reflexivos, subdivisões de zonas de iluminação, entre outros (KONIS, 2013).

Entretanto, é necessário haver uma interação dessas estratégias com a edificação já que, muitas vezes, elementos e características arquitetônicas estão equivocadamente relacionados somente com propósitos estéticos (TOLEDO; CÁRDENAS, 2015). Sharp et al (2014) acrescentam que os elementos e as características arquitetônicas devem ser considerados de forma a servir como elemento de captação da iluminação natural, reduzindo assim o ganho energético da edificação. Bellia, Pedace, Barbato (2013) citam também que deve-se evitar os efeitos de desconforto que podem ser causados como o aumento da condição térmica no ambiente interno.

Ao se tratar de edificações escolares, essas estratégias devem ser ainda mais utilizadas para que seja possível proporcionar um ambiente confortável para o estudante, já que níveis adequados de iluminação estão diretamente relacionados ao desempenho dos alunos. Conforme afirma Meresi (2016) a luz do dia desempenha um fator de grande importância na concepção de espaços educativos, talvez mais do que em qualquer outro tipo de edificação. Estudos têm demonstrado que a luz do dia nas escolas é capaz

de criar um ambiente agradável, melhorar o desempenho acadêmico, promover uma melhor saúde e proporcionar economias significativas de energia, especialmente quando combinada com o controle dos sistemas de iluminação artificial.

Levando em consideração essas questões, dentre as possibilidades de intervenção em um projeto arquitetônico que possam contribuir para melhorias na iluminação natural do ambiente interno, citam-se dois aspectos: o primeiro diz respeito aos tratamentos de fachada, ao se optar em utilizar brises, balcões refletores, prateleiras de luz entre outros; o segundo, às características das superfícies refletoras externas. No que diz respeito ao primeiro aspecto, Meresi (2016) afirma em sua pesquisa que a combinação da prateleira de luz com persianas externas móveis semitransparentes podem aumentar a luz diurna nas salas de aula, além de proporcionar sombra e distribuição uniforme, aumentando os níveis de iluminação na parte de trás do espaço e reduzindo a quantidade de luz próximo às janelas. Os resultados obtidos por Santos et al. (2010) mostram também que o uso de dispositivos projetados para maximizar a disponibilidade da luz natural em ambientes escolares favoreceu em mais de 90% o conforto visual nas salas de aula simuladas em suas pesquisas. Entretanto, pesquisas mostraram também a preocupação com o uso correto destes elementos, como demonstrado por Deliberador e Kowaltowski (2011). Os autores identificaram aspectos negativos no uso de brises em sala de aula, relacionados ao ofuscamento pela radiação direta.

No que se refere ao segundo aspecto, a refletância externa também pode colaborar com o aumento dos níveis de iluminação no ambiente interno. Laranja, Ferreira e Alvarez (2016), a partir de alterações nas superfícies refletoras, observaram que ocorreram pequenas melhorias nos valores de iluminância no ambiente interno próximo às aberturas. Também, Cabús (2004) analisou a parcela de luz refletida no solo que contribui com o aumento da luz natural no ambiente interno, analisando, dentre outras coisas, até que distância da fachada da janela o solo é importante como fonte de luz natural.

Portanto, ao se fazer uso da luz natural, de forma consciente, é possível reduzir a dependência dos sistemas artificiais de iluminação, diminuindo custos de instalação e manutenção, além de proporcionar um ambiente agradável, mais humano, produtivo, com um impacto positivo na qualidade dos espaços, vida e saúde dos usuários.

1.1 Justificativa

As aberturas, numa edificação, são os elementos que exercem papel fundamental na comunicação entre o interno e o externo, exercendo funções no controle da luz que entra no ambiente. Entretanto, estes são os elementos de maior sensibilidade climática em um ambiente, sendo um dos maiores determinantes do consumo energético numa edificação (CARMODY; SELKOWITZ; HERSCHONG, 1996). Sabe-se que como a disponibilidade de luz natural nas regiões tropicais é bastante elevada, o uso deste recurso deve ser feito de forma bastante criteriosa, explorando ao máximo os benefícios da luz natural, otimizando o desempenho e amenizando os inconvenientes. Com essas estratégias, é possível obter um maior controle da incidência da luz solar, evitando contrastes e ofuscamento (FROTA, 2004; TORRES; ADELINO, 2013), e consequentemente, economia de energia.

Entretanto, Albuquerque e Amorim (2012) afirmam que, no contexto brasileiro, ainda existe uma carência com relação ao conhecimento da influência que determinadas variáveis arquitetônicas exercem no desempenho da luz natural no espaço construído, com situações ainda não abordadas em normas e manuais.

Baseado nas questões abordadas anteriormente, a justificativa para esta pesquisa baseia-se na importância da verificação da eficiência de elementos externos que possam auxiliar na disponibilidade de iluminação natural para o ambiente interno. Neste caso, serão estudadas as jardineiras existentes no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), campus Colatina que, por motivos técnico/estruturais, não estão sendo utilizadas para este fim. Para esta pesquisa, acredita-se que a utilização dessas jardineiras (no trabalho o termo jardineira, em função de sua adaptação, será tratado como "balcão refletor") como elementos externos refletores da luz natural associados ora à prateleiras de luz e ora aos brises podem colaborar para a melhoria do ambiente interno, contribuindo para a otimização da distribuição da luz natural, reduzindo os contrastes, reduzindo o decaimento da curva isolux e aumentando os níveis de iluminância.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Qualificar o desempenho de elementos de fachada na disponibilidade de iluminação natural, tendo como base a sala de aula padrão do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) campus Colatina.

1.2.2 Específicos

Constituem os seguintes objetivos específicos:

- Investigar a influência da luz natural na saúde e no conforto dos usuários;
- Analisar a influência da luz natural em ambientes escolares;
- Caracterizar a disponibilidade da iluminação natural no ambiente interno;
- Identificar e analisar os elementos de fachada influenciadores da luz natural no ambiente interno;

1.3 Estrutura da Dissertação

A dissertação foi organizada em seis capítulos, descritos abaixo:

O **capítulo 1** refere-se à introdução da pesquisa, com a apresentação da problemática e justificativa, onde são colocados os objetivos gerais e específicos, assim como a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 trata da revisão teórica que fornece base para a discussão, análise e entendimento dos aspectos relevantes para a pesquisa, como a importância da luz natural para a saúde e o conforto dos usuários dos espaços internos, sua abordagem e relevância nos ambientes escolares, assim como os conceitos acerca da disponibilidade da luz no ambiente interno.

No **capítulo 3** são apresentadas as etapas metodológicas, com a descrição dos parâmetros adotados para as simulações, a escolha do ambiente e suas características, a escolha do programa computacional e as técnicas de análise dos resultados.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos através das simulações. Esses resultados são discutidos e analisados aos pares, onde se buscou entender o comportamento da luz natural no ambiente interno. Ao fim deste capítulo, apresenta-se uma tabela síntese com os resultados de todos os modelos, de forma a auxiliar no entendimento dos resultados apresentados.

No **capítulo 5** são feitas as considerações finais, onde se verifica a contribuição dos elementos de fachada no comportamento da luz natural nos ambientes internos. Neste capítulo apresentam-se também as lacunas ou indicativos para a continuidade e/ou aprimoramento da pesquisa.

O capítulo 6 apresenta as referências utilizadas na pesquisa, que foram citadas no decorrer do texto.

Por fim, as informações que complementam o entendimento dos dados obtidos são apresentados nos **Apêndices.**

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os assuntos relevantes para a construção do embasamento teórico desta pesquisa, apresentando-se, inicialmente, as justificativas do uso da iluminação natural para a saúde e o conforto dos usuários, seguido pela abordagem da importância dos aspectos da luz natural em escolas. Por fim, serão apresentados os principais conceitos acerca da disponibilidade de luz natural no ambiente interno.

2.1 Iluminação natural para a saúde e o conforto

A luz natural, além de ser proveniente de uma fonte inesgotável, é um elemento de fundamental importância para o desenvolvimento humano e o bom desempenho das suas atividades, influenciando diretamente na saúde e no bem-estar do homem. Yu e Su (2015) afirmam que o uso da iluminação natural proporciona um ambiente mais agradável e um espaço interior mais atraente, devido a boa reprodução de cor, já que esta corresponde a uma resposta visual melhor para o ser humano do que uma fonte de luz artificial, além, ainda, dos benefícios para a saúde e bem-estar do ser humano. Beck *et al.* (2016) complementam que a luz natural tem um forte impacto na produtividade diária dos usuários, pois está diretamente associada às emoções subjetivas, sendo que a percepção da luz influencia na maneira de vivenciar os espaços.

Um dos aspectos iniciais que devem ser analisados com relação à influência da iluminação natural no ser humano é o chamado "ciclo circadiano", que provém do latim "circa diem", ou seja, "cerca de um dia" (FINIMUNDI, 2012). Este ciclo corresponde ao "relógio" biológico localizado no cérebro e que controla uma série de processos biológicos do corpo, repetindo-se com uma duração de cerca de 24 horas. A duração do ciclo circadiano acontece através da exposição regular à luz e são encontrados em animais e humanos, com características diferentes, como um resultado da adaptação à vida neste planeta (BELLIA; PEDACE; BARBATO, 2013).

Czeisler e Gooley (2007) afirmam que o ciclo circadiano controla muitos aspectos da fisiologia, metabolismo e comportamento, incluindo produção de alguns hormônios, regulação da temperatura, ciclos de sono, padrões de vigilância e o desempenho ao

longo do dia. Neste último aspecto, pode-se destacar o desempenho escolar, já que o ciclo circadiano influencia na assimilação do conhecimento, na disposição da realização de determinadas tarefas em função e na memória de curta e/ou longa duração (FINIMUNDI, 2012).

Observa-se também que a variação da luz natural no interior dos ambientes, tanto no aspecto quantitativo da luz, como na sua direção e tonalidade, pode produzir efeitos estimulantes (CORBELLA E YANNAS, 2003). Dias (2011) confirma, citando que a variabilidade da luz natural no ambiente interno afasta a sensação de monotonia, fator importante para ambientes escolares. Kim (2012 apud CARLUCCI et al., 2015) cita ainda que a variabilidade da luz no ambiente interno aumenta a condição de satisfação, sendo capaz de proporcionar aos usuários a sensação de tempo ao longo do dia, em função de suas características de intensidade e direcionalidade.

Entretanto, Martau (2009) afirma que os hábitos atuais, onde se permanece longos períodos em ambientes fechados, os quais permitem um prolongamento do dia através da iluminação artificial, juntamente com a modificação de hábitos de trabalho e descanso, estão alterando a saúde dos indivíduos. Hraska (2014) reforça afirmando que em países desenvolvidos, uma grande fração da população permanece de 80 a 90% de sua vida em ambientes internos, fator este que reforça os argumentos para que se garanta luz diurna no interior dos espaços ocupados.

A questão é que a qualidade da luz natural é diferente da qualidade da luz artificial. A luz natural tem maior espectro de cores, com maior concentração de azul o qual permite, através da absorção pela pele, neutralizar substâncias estressoras e equilibrar o corpo (MARTAU, 2009). Já a luz artificial não possui as características capazes de produzir, através da pele, essas mesmas substâncias, que podem então se acumular e causar efeitos nocivos à saúde (MARTAU, 2009).

Contudo, Sharp et al. (2014) afirmam que é difícil imaginar a sociedade moderna sem iluminação artificial interior, ao mesmo tempo que as tarefas diárias seriam extremamente inconvenientes ou difíceis de realizar ao ar livre. Por esse motivo, a iluminação adequada no ambiente interno deve permitir que as pessoas executem uma série de tarefas, independentemente da hora do dia ou das condições exteriores, com conforto e aumento da produtividade. Bertolotti (2007) afirma que um dos principais

efeitos das más condições de iluminação sobre o ser humano é a fadiga visual, que ocorre em função de níveis inadequados de iluminação para a execução de tarefas. O autor afirma ainda que condições que requerem olhar fixo por longos períodos de tempo, como no caso de ambientes escolares, podem afetar o sistema visual.

Por esse motivo, diversas pesquisas têm procurado mostrar a influência da luz natural nos seres humanos quando em ambientes naturalmente iluminados. Kilic e Harisci (2011) verificaram a influência da luz natural no comportamento dos usuários de bibliotecas, onde se constatou que a luz do dia e a visão externa são fatores importantes para a satisfação dos usuários, que em sua grande maioria preferiam estudar sob luz natural. Martau (2009) avaliou também a influência da luz natural em funcionários de lojas, em shoppings center e em lojas de rua, onde concluiu que os que trabalhavam em lojas de rua apresentaram melhores condições psicológicas e de sono, e que a falta de contato visual com o exterior dos funcionários de shopping centers propiciou alterações significativas nos indicadores biológicos e emocionais.

Compreendendo a importância da luz natural, Lamberts, Dutra e Pereira (2014) afirmam que o conforto visual no ambiente interno deve ser atendido através de um conjunto de condições onde o usuário poderá desenvolver suas tarefas com o máximo de acuidade e precisão, com o mínimo de esforço, acidentes e prejuízos à vista. Já a NBR ISO/CIE 8995-1 (2013, p. VII) cita que uma boa iluminação "deve permitir que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga nem desconforto". Neste aspecto, o projeto arquitetônico possui fundamental importância na concepção dos espaços internos e na adequação de iluminância suficiente para os usuários, boa distribuição da luz, ausência de ofuscamentos e contrastes adequados de iluminância, para que não haja esforço visual excessivo (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 2014).

Dentre as variáveis do projeto arquitetônico que podem influenciar a disponibilidade de luz natural no ambiente interno, citam-se as aberturas, as quais tem um papel maior do que somente permitir o contato do interior com o exterior, mas também de admitir a passagem de luz e calor, diretamente responsáveis pelo conforto dos usuários. Em função desse aspecto, deve-se levar em consideração a importância do correto dimensionamento das aberturas, assim como sua orientação, de forma a contribuir para um maior conforto no ambiente interno. Amplas janelas proporcionam altos níveis de

iluminação, contudo, nem sempre muita luz é desejável no ambiente (TORRES; ADELINO, 2013).

Entretanto, como a iluminação lateral é a estratégia mais utilizada para a admissão de luz natural no interior dos ambientes, sua principal desvantagem ocorre pela distribuição desuniforme da luz (CASTANHEIRA, 2012), ilustrado através da figura 01. Barbosa (2010, p. 85) complementa afirmando que "iluminâncias elevadas [...] incidindo no ambiente poderão gerar contrastes desconfortáveis [...] e que é preciso entender e estudar a luz a partir de sua distribuição".

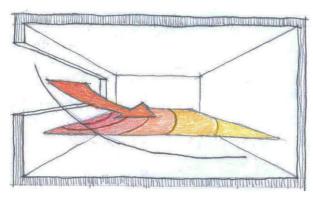


Figura 1: Distribuição padrão da luz através das aberturas laterais

Fonte: Fonseca (2007)

Por esse motivo, é necessário dispor de estratégias que permitam um melhor arranjo da luz no ambiente interno. Carvalho e Cabús (2016) citam que a luz solar, quando admitida no ambiente interno, deve ser cuidadosamente controlada. Pode-se citar como exemplo os dispositivos de proteção das aberturas, como prateleiras de luz, brises e/ou elementos refletores da luz natural para o interior do ambiente, que podem contribuir para melhorar a distribuição da luz no ambiente interno. Seus usos contribuem na disponibilidade de iluminação no ambiente interno, além de possibillitar o aumento do alcance da luz até às regiões mais profundas do espaço, ou a redução da iluminação próxima às aberturas.

2.2 Iluminação natural em escolas

Uma das funções da escola é promover a transmissão de conhecimentos e habilidades. Estes valores podem ser comunicados de diversas formas, inclusive através do ambiente social e físico (MAXWELL, 2016). O ambiente escolar, mais do que a transmissão de conhecimento, tem – ou deveria ter – a responsabilidade de formar nos indivíduos uma consciência crítica acerca de seu papel na sociedade. Mas para que isto aconteça, uma rede complexa de fatores sociais, econômicos, pedagógicos e ambientais interferem na formação educacional de uma pessoa, e estes fatores, juntos, devem complementar-se para a obtenção de resultados que contribuam para o seu desenvolvimento como indivíduo (BERNARDI; KOWALTOWSKI, 2001).

No que se refere ao aspecto ambiental, Perez e Capeluto (2009) afirmam que a sala de aula é a base e a unidade mais importante na maioria dos edifícios escolares. São nesses espaços que as crianças e jovens passam a maior parte de seu tempo para se concentrar em seus estudos. Por esse motivo, esses são espaços únicos, pois reúnem um maior número de pessoas, o que exige uma maior atenção com relação ao conforto. Dias (2011) reforça essa afirmação, citando que as características físicas do ambiente escolar, em especial as salas de aula, têm um papel fundamental no processo de aprendizagem.

Uma das características ambientais de maior relevância em um ambiente educacional é a admissão da luz natural. Sua importância ocorre devido sua contribuição à diferentes perspectivas, como benefícios à saúde e sensação de conforto no ambiente interno (MONTEOLIVA; VILLALBA; PATTINI, 2014). Dias (2011) reforça afirmando que o uso da luz natural em salas de aula apresenta benefícios psicofisiológicos, estimulando a criatividade e a sensibilidade, além de promover descanso visual, bemestar aos usuários e melhor produtividade. Graça et al. (2007) completa citando que a condição de iluminação das salas de aula é um fator fundamental, pois este aspecto afeta a legibilidade no momento da aprendizagem.

Frente às questões anteriormente citadas, destaca-se a importância do conforto visual para a saúde e a produtividade das pessoas, principalmente em edifícios educativos, que demandam percepção visual adequada e que depende, necessariamente, da luz em quantidade suficiente (ALVAREZ, 1995 apud KOWALTOWSKI, 2011). Para isso, o uso da iluminação natural no interior dos ambientes deve ser feito de forma criteriosa, pois, apesar de sua disponibilidade, ela pode ser insuficiente em alguns períodos do dia em função da trajetória solar (ARAÚJO; GONÇALVEZ; CABÚS, 2007). Os autores afirmam ainda que ao não considerar o estudo da orientação, posicionamento e

dimensionamento das aberturas no projeto de edifícios educacionais, haverá comprometimento da disponibilidade da luz natural, acarretando uma má distribuição da luz no ambiente e afetando a atividade dos usuários. Acrescenta-se a isto efeitos negativos como ofuscamento, excesso de contraste e a falta de uniformidade lumínica do espaço.

Yang, Becerik-Gerber e Mino (2013), em sua pesquisa, realizaram duas avaliações em uma universidade: uma para verificar a satisfação dos alunos com relação às caraterísticas de uma sala de aula e outra com relação ao impacto dessas características no desempenho de cada estudante. Dentre os vários resultados obtidos, destaca-se que as percepções dos alunos são fortemente influenciadas pelas características do espaço, sendo que visibilidade foi um dos mais relevantes. Os alunos afirmaram que, em sua grande maioria, a luz no interior das salas de aula se apresenta como insuficiente, com excesso de brilho e excesso de luz direta. Kowaltowski (2011) reforça essa constatação afirmando que baixos níveis de iluminação, assim como cortinas fechadas em condições de céu encoberto, mau funcionamento das lâmpadas, paredes muito sujas, baixa reflexão da luz pela pintura ou alto nível de claridade das regiões próximas às janelas são os principais problemas detectados em avaliações de ambientes escolares.

Labaki e Bartholomei (2001 apud KOWALTOWSKI, 2011), por sua vez, apontam parâmetros para análise e correta implementação da luz natural em salas de aula:

- Quantidade mínima da luz no plano de trabalho, de forma a possibilitar a realização das atividades evitando esforços excessivos, sem comprometer a saúde. Esses níveis são estabelecidos pela Norma Brasileira 8995-1 (ABNT, 2013) "Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: interior", para cada ambiente onde se realizam atividades educacionais, como laboratórios, quadras poliesportivas, salas de aula, bibliotecas, auditórios, entre outros;
- *Distribuição uniforme dos níveis de iluminância*, de forma a evitar contrastes. Isso depende da forma, dimensões e posições das aberturas;
- Distância entre usuários e objetos. Um exemplo da importância deste parâmetro foi apresentado por Jaramillo (2014), que analisou a influência de diferentes agrupamentos de estudantes na luz natural interior e verificou que, independentemente

do número de estudantes que se encontram na sala de aula, a maior influência se apresenta na forma de agrupamento, postura e posição dos alunos em relação às aberturas, influenciando o ambiente interno.

- Uso de cores nas superfícies;
- Uso de elementos externos de proteção contra a luz solar direta, evitando ofuscamentos e a incidência de radiação em planos de trabalho, como lousas, mesas ou monitores de computador;
 - Iluminação artificial suplementar.

Para que essas premissas sejam admitidas nos edifícios educacionais, destaca-se o papel da arquitetura como elemento fornecedor das garantias de conforto, até mesmo auxiliando no desempenho dos alunos em sala de aula. A arquitetura escolar deve permitir o bem-estar, encorajando processos de aprendizagem, sendo a luz natural determinante para a qualidade do ambiente interno e uso adequado dos espaços pelos usuários, assim como provedor de economia de energia.

2.3 Disponibilidade da luz natural no ambiente interno

De acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), a prática de uma boa iluminação nos locais de trabalho consiste na execução das tarefas de maneira fácil e com conforto, satisfazendo os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos pelo ambiente. Um ambiente bem iluminado deve permitir o cumprimento da tarefa visual com facilidade e garantia de um ambiente visual agradável (HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE, 1975).

Para que seja possível a correta utilização do ambiente interno pelos usuários, destacase, primeiramente, a importância do Conforto Visual, que pode ser definido como:

[...] a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014, p. 57).

Segundo a European Commission Directorate of Energy (1994), os requisitos necessários para a boa ocorrência do processo visual devem ser:

- Iluminância suficiente;
- Boa distribuição da iluminância;
- Ausência de ofuscamento;
- Contrastes adequados (proporção de iluminâncias)
- Bom padrão e direção de sombras.

Reinhart (2005, apud LARANJA, 2010) determina que a luz natural deve obedecer aos critérios de adequação e suficiência, os quais se referem à um nível mínimo de luz natural no ambiente nas diversas épocas do ano; aceitabilidade, eficácia e utilidade, que diz respeito à satisfação do usuário pelo controle do ofuscamento e controle da luz direta; e finalmente, boa atribuição e equilíbrio da iluminação natural no ambiente interno.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) determina que para que ocorra uma adaptação bem balanceada da iluminância pelos usuários, é necessário maior nitidez da visão, sensibilidade aos contrastes, permitindo percepção das nuances de iluminância no ambiente e eficiência das funções oculares (contrações pupilares, movimento dos olhos, etc.), de forma a reduzir a ocorrência de perturbação visual para o usuário. De acordo com a norma, busca-se com essas determinações evitar iluminâncias e contrastes¹ excessivos e que possam ocasionar fadiga visual, assim como iluminâncias muito reduzidas, que ocasionem um ambiente sem estímulo e tedioso.

Outro fator determinante para o conforto visual no ambiente interno é o atendimento às iluminâncias mínimas para a tarefa a ser desempenhada. De acordo com Fonseca (2007), define-se iluminância como a medida da quantidade de luz que parte de uma fonte luminosa e incide numa superfície, sendo a sua unidade o lúmen/m² ou lux (lx). A norma brasileira define valores mínimos e médios conforme a atividade a ser exercida no espaço interno, para que seja possível uma correta execução da tarefa. Contudo,

¹ Relação entre luminância (brilho) de um objeto e a iluminância do entorno imediato deste objeto (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014)

outras referências podem ser utilizadas para o atendimento às iluminâncias na área de trabalho, como as UDI (*Useful Daylight Illuminances*), de Nabil e Mardaljevic (2006). Nas UDI há determinação de faixas úteis como referência para a avaliação da disponibilidade da luz natural no ambiente interno, onde, iluminâncias abaixo de 100lx são consideradas insuficientes; entre 100 e 500lx são consideradas suficientes, mas com necessidade de complementação com iluminação artificial; entre 500 a 2000lx são consideradas suficientes e acima de 200lx são consideradas excessivas. Portanto, apesar da alta capacidade de adaptação do olho humano às mais variadas condições de iluminação, faz-se importante o uso de níveis apropriados para se alcançar eficiência visual (BARBOSA, 2010).

Como dito, a quantidade de luz que entra no ambiente interfere na percepção das superfícies e planos, podendo ocorrer alteração na percepção de sensações, rendimento e humor, conforme as atividades ali desenvolvidas (BARBOSA, 2010). Por isso, quando o processo para adaptação do usuário não transcorre de maneira confortável em função de variações excessivas da iluminação em um curto espaço de tempo, experimenta-se uma perturbação, desconforto e até perda da visibilidade, que é chamada de ofuscamento (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). A entrada de luz direta do sol através da janela ou também diferentes iluminâncias nas superfícies, como no caso de um céu brilhante em contraste com superfícies de trabalho mais escuras, superfícies muito refletivas ou até a tela do computador voltada para o sentido oposto à janela, por exemplo, podem causar ofuscamento (JARAMILLO, 2014). No caso de ambientes escolares, esses fatores influenciam diretamente no aprendizado, sendo o excesso de luz direta uma das principais queixas dos alunos quando relacionadas à iluminação natural em salas de aula, conforme afirmam Deliberador e Kowaltowski (2011). De forma a reforçar essa afirmação, as autoras realizaram um estudo de APO (Avaliação Pós Ocupação) com enfoque num ambiente escolar, onde um dos aspectos levantados se tratou do ofuscamento velador, que cria a sensação de que a imagem está apagada em alguns trechos do quadro-negro. Esse ofuscamento provém da radiação direta na superfície, o que indica que a luz natural não é adequadamente filtrada.

Acrescenta-se às condicionantes que visam o aumento do conforto visual dos usuários, a importância da distribuição das iluminâncias no campo visual, que poderá contribuir para o aumento da percepção do espaço como um todo e não apenas no campo da

tarefa (BARBOSA, 2010). Diretrizes acerca da uniformidade e distribuição da luz no ambiente interno são apresentadas pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), que determina que a iluminância deve se alterar gradualmente, indicando percentuais mínimos de uniformidade para a área de trabalho (0,7 ou 70%) e seu entorno imediato (0,5 ou 50%). Contudo, a norma diz também que quando a localização da área de tarefa for desconhecida e/ou o local possuir arranjos flexíveis, como no caso das salas de aula, considera-se como área de trabalho todo o ambiente (menos uma faixa marginal de 0,5m de largura), sendo este percentual determinado como 0,6 (ou 60%). A figura 02 ilustra essa interpretação.

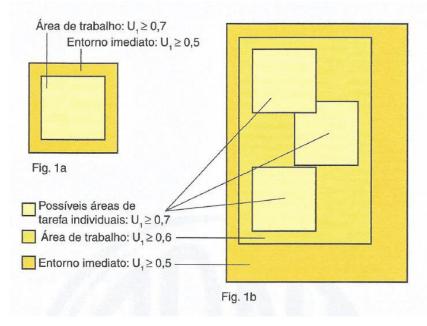


Figura 2: Área de trabalho e entorno imediato, com os índices de uniformidade

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1 (2013)

Assim, diante do exposto anteriormente, neste capítulo destacam-se as questões que definem a importância da luz natural para a saúde dos seres humanos, afetando no desempenho de suas atividades, comportamento e relações com o espaço em que se inserem. Deve-se compreender, portanto, que cada uma das variáveis existentes em um espaço, como cor, superfícies refletoras, orientação, entre outros, podem interferir na quantidade, na qualidade e na concentração da luz que penetra no ambiente interno e, consequentemente, no aspecto final de um espaço, sendo esses fatores relevantes na busca pela melhoria dos ambientes para as pessoas. Destaca-se a influência da luz nos ambientes escolares, elemento determinante para o rendimento e assimilação do

conhecimento, permitindo um ambiente mais coerente e propício no processo de aprendizagem. Contudo, sua admissão no ambiente interno deve ser pautada em diretrizes que garantam uma iluminação interna equilibrada e possibilite a execução das tarefas de maneira fácil e com conforto, satisfazendo os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos por cada ambiente.

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos da pesquisa, descrevendo os parâmetros utilizados para a avaliação das condições da iluminação natural em ambientes de sala de aula do lfes em Colatina-ES, com o uso de balcões refletores associado ora a prateleira, ora a brises.

A figura 3 apresenta um esquema da metodologia utilizada para esta pesquisa.

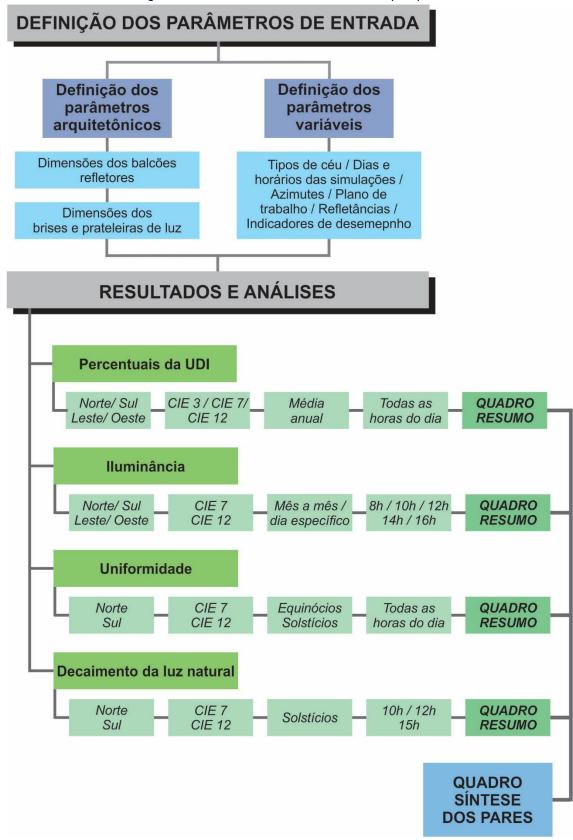


Figura 3: Síntese do método adotado nesta pesquisa

Fonte: elaborado pela autora

3.1 Etapas Metodológicas

3.1.1 Localização e característica de Colatina – ES

Colatina é uma cidade localizada no estado do Espírito Santo (figura 4), a 135km de Vitória, capital do estado, possui em torno de 1.416 quilômetros quadrados e cerca de 111 mil habitantes (IBGE, 2013). Situa-se a noroeste do estado e suas coordenadas geográficas são 19º 32' 22" de latitude Sul e 40º 37' 50" de longitude Oeste. Apresenta clima quente-úmido com inverno seco (PMC, 2017).

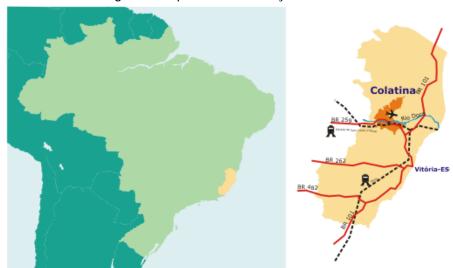


Figura 4: Mapa com a localização de Colatina

Fonte: http://www.colatina.es.gov.br/acidade/?pagina=geografia – acesso em 12/01/2017

3.1.2 Ambiente escolhido

A abordagem inicial desta pesquisa se deu com a escolha do ambiente a ser estudado, ou seja, uma sala de aula padrão do Ifes (Instituto Federal do Espírito Santo) *campus* Colatina. O local foi escolhido por ser um ambiente escolar e possuir atividades 11 meses do ano. A sala de aula possui 10,65m de largura, 5,80m de profundidade, pé direito de 2,98m, com área de 59,65m². Localiza-se no 2º pavimento, possui três aberturas de 6,27m² cada e suas dimensões são de 3,30m de largura, 1,90m de altura e 0,97m de peitoril (figura 14).

Em toda a face externa do bloco de salas de aula, existem jardineiras contínuas, que não são utilizadas para este fim por questões estruturais, as quais percorrem toda

extensão longitudinal das salas de aula. Estas jardineiras possuem, cada uma, 3,30m de largura, 0,90m de profundidade e 0,52m de altura (medidas internas). Para efeito desta pesquisa, com o intuito de aproveitamento de estrutura já existente, as jardineiras foram reformuladas e moduladas em sua geometria e refletância. Assim as jardineiras se tornaram balcões refletores, um dispositivo de fachada que associado, ora a prateleiras de luz, ora a brises, pode servir como elemento de reflexão da luz e contribuir para o aumento e/ou distribuição da luz natural nas salas de aula (figuras 5 a 10).

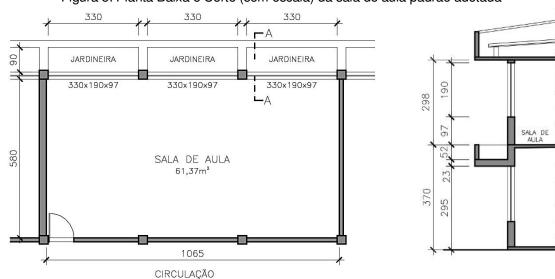


Figura 5: Planta Baixa e Corte (sem escala) da sala de aula padrão adotada

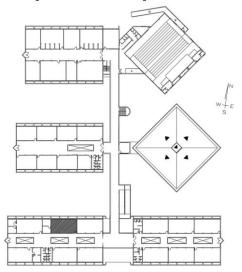
Fonte: arquivo do Ifes, com modificações feitas pela autora



Figura 6: Planta Baixa (sem escala) com o layout padrão da sala de aula adotada

Fonte: arquivo do Ifes, com modificações feitas pela autora

Figura 7: Planta de situação com a localização da sala de aula padrão adotada



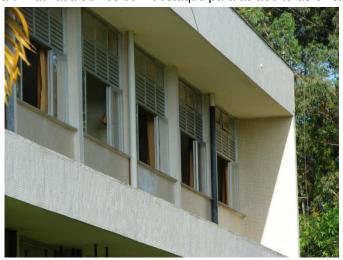
Fonte: arquivo do Ifes, com modificações feitas pela autora

Figura 8: Fachada do Ifes com destaque para a sala de aula padrão adotada



Fonte: autora

Figura 9: Fachada do Ifes com destaque para as aberturas existentes



Fonte: autora



Figura 10: Detalhe das jardineiras existentes ao longo da fachada

Fonte: autora

3.2 Ferramenta de Simulação: o programa Troplux 7

Para que fosse possível avaliar o desempenho da iluminação natural no ambiente de estudo desta pesquisa, optou-se pela simulação computacional. Ramos e Ghisi (2010) afirmam que o uso de programas simuladores auxilia na análise de uma grande quantidade de dados, sendo possível obter orientações para decisões de projeto. Acrescenta-se também o fato de que ao se realizar medições *in loco*, os resultados podem variar conforme condicionantes ambientais do dia, o que poderia influenciar nos resultados das medições. Além disso, por se tratar, nesta pesquisa, de um ambiente escolar, os diferentes usos de uma sala de aula no decorrer do período letivo (janelas fechadas pelo uso do ar condicionado, luzes acesas ou apagadas em função do tipo de aula) poderiam influenciar nos resultados, além do incômodo gerado em sala de aula pela presença do pesquisador. Espera-se, então, por meio de um programa de simulação computacional, resultados satisfatórios em um menor espaço de tempo, para os mais variados tipos de céu, além de diferentes dias e horas do ano e que possua confiabilidade em seus resultados.

Nesta pesquisa foi utilizado o programa computacional TropLux 7.3.2². De acordo com Cabús (2005), o programa TropLux busca dar uma visão geral da iluminância interna dos ambientes, levando em consideração características reais das superfícies, tanto internas como externas e sistemas de janelas complexos. Carvalho e Cabús (2016) afirmam ainda que o programa permite a configuração de céu de acordo com a CIE (2003) além de localizar as aberturas variando sua dimensão, posicionamento e orientação, sendo possível ainda inserir elementos arquitetônicos externos ou internos para proteção solar, estando o programa adequado aos objetivos desta pesquisa (figura 11).



Figura 11: Tela inicial do TropLux 7.3.2

Fonte: Imagem extraída do TropLux (2017)

O programa se baseia em três conceitos fundamentais: método de Monte Carlo, método do raio traçado e do conceito de coeficientes de luz natural. O método de Monte Carlo é uma abordagem estatística para solucionar integrais múltiplas e baseia-se na seguinte premissa: se é possível verificar a ocorrência em que cada evento acontece, também será possível determinar a probabilidade que a sequência completa de eventos irá ocorrer. O método do raio traçado "segue o caminho de um raio entre as superfícies" (CABÚS, 2005). Sua maior vantagem é a possibilidade de dar soluções teóricas simples para geometrias complexas. Já o coeficiente de luz natural relaciona a iluminância em uma determinada superfície, a partir de determinada subdivisão de céu – o TropLux adota dois tipos de divisões – em um plano desobstruído, sendo então este coeficiente

² O programa é disponibilizado gratuitamente pelo Grupo de Pesquisa em Iluminação – GRILU – da Universidade Federal de Alagoas, liderado pelo professor Ricardo Cabús. Foi feito o download do programa no 2º semestre de 2016.

dependente da geometria do ambiente, do solo e das obstruções, bem como a refletância das superfícies.

Várias pesquisas vêm sendo realizadas utilizando o TropLux associado ao desempenho de dispositivos externos de proteção, como por exemplo, o trabalho de Manhas (2016), que analisou o desempenho das prateleiras de luz a partir da característica do material de sua superfície; Medeiros (2015), que avaliou o impacto de protetores solares verticais móveis na iluminação natural de um ambiente de internação coletiva hospitalar; e Dias (2011), que analisou o desempenho luminoso de uma sala de aula no tocante à iluminação natural, assim como uma avaliação a partir da inclusão de elementos de controle e redirecionamento da luz natural.

Inicialmente, para se utilizar o programa TropLux, é necessário criar a geometria do ambiente, com o dimensionamento real das aberturas, pé direito e elementos externos, como prateleiras, brises e marquises – caso exista ou seja necessário incluir – e elementos no entorno, como edificações obstruidoras. A inserção dessas informações irá gerar a maquete tridimensional do modelo. Os ambientes são criados a partir dos três eixos de coordenada: "x", "y" e "z", referentes à largura, profundidade e altura, respectivamente.

A próxima etapa consiste na configuração de dados da simulação, como características dos materiais, a escolha da localização geográfica, tipo de céu, orientação e intervalo de dias, mês e horas anuais (figura 12).

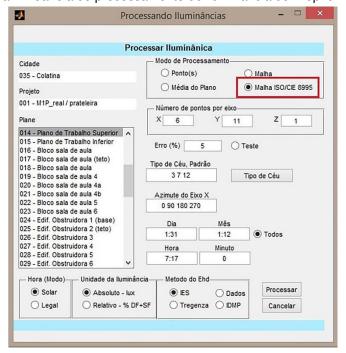


Figura 12: Janela de processamento de iluminância do TropLux 7.3.2

Fonte: Imagem extraída do TropLux (2017)

3.3 Parâmetros das simulações

3.3.1 Modelos de estudo

A partir das características físicas e técnicas existentes nas salas de aula do Ifes Colatina, foram propostas simulações para seis modelos de balcão refletor. Cada um dos modelos foi associado a prateleiras de luz e brises, estes com dimensões fixas, totalizando, ao final, doze modelos para simulação.

Para a definição das dimensões das proteções solares a serem estudadas, foi realizado um estudo preliminar com o SOL-AR, programa gratuito desenvolvido pelo LabEEE, com vistas a visualizar a carta solar de uma latitude especifica, auxiliando no projeto de proteções solares através da visualização gráfica dos ângulos de proteção.

Para esta pesquisa, definiu-se que os protetores solares adotados (prateleiras de luz e brises) bloqueariam radiação direta a partir do ângulo alfa de 40°. Estes protetores solares não permitirão a incidência solar nos meses mais quentes do ano, entre setembro e março, havendo, porém, incidência solar nos meses de temperatura mais amena. Assim optou-se pela demarcação do ângulo de proteção (específico no mês de

abril e agosto, com similaridade de trajetória solar), entre o horário aproximado de 8h até as 16h, como é possível visualizar através do arco em amarelo demarcado na imagem na figura 13.

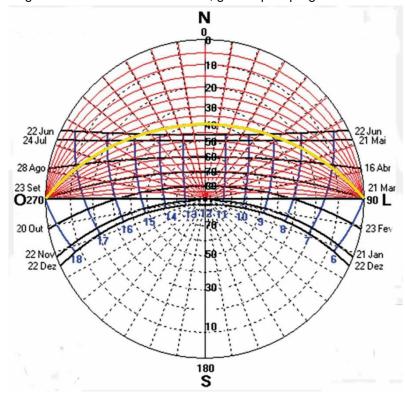


Figura 13: Carta solar de Colatina, gerada pelo programa SOL-AR

Fonte: SOL-AR (2017)

Com relação ao dimensionamento dos balcões, optou-se em alterar somente a altura e a inclinação da superfície refletora, mantendo sua profundidade, em função desta pesquisa partir de um objeto pré-existente (as jardineiras).

O conceito do balcão refletor se baseia nos conceitos de Lam (1986), Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1975), que afirmam que "a luz do sol refletida pode ser empregada como principal fonte de iluminação interior". Também Cabús (2004) observou que a parcela mais próxima à fachada da janela é a região mais importante do solo, visto sua influência da luz refletida para o desempenho da iluminação natural interna. Desta forma, seguem descritos os modelos utilizados nesta pesquisa.

As figuras 14 e 15 ilustram os modelos M1P – balcão real associado à prateleira de luz - e M1B – balcão real associado à brises – que remetem ao balcão refletor com suas dimensões reais, ou seja, sem alterações em sua geometria. O quadro 01 ilustra o esquema da incidência solar direta e a sua reflexão para o ambiente interno, em

função dos dispositivos de fachada. Para isso, utilizou-se o Método Mongeano, da geometria descritiva, que consiste em "determinar a projeção de pontos e retas nos planos horizontal e vertical". (FROTA, 2004, p. 87). Os esquemas solares estão representados para os Equinócios, Solstício de Inverno e Solstício de Verão, no horário das 8h, 10h, 12h, 14h e 16h.

Figura 14: Modelo M1P

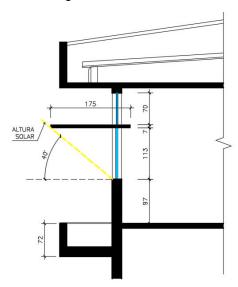
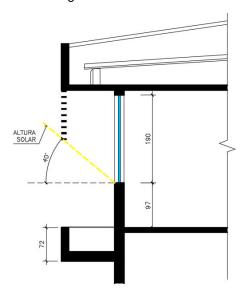


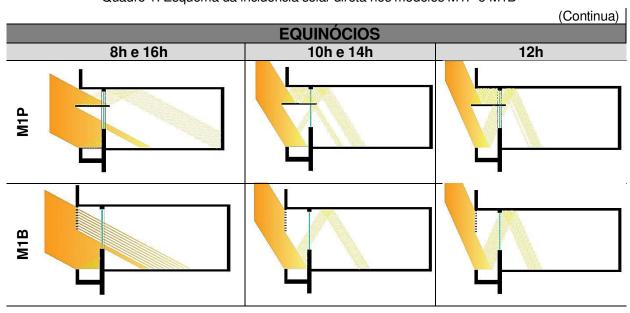
Figura 15: Modelo M1B

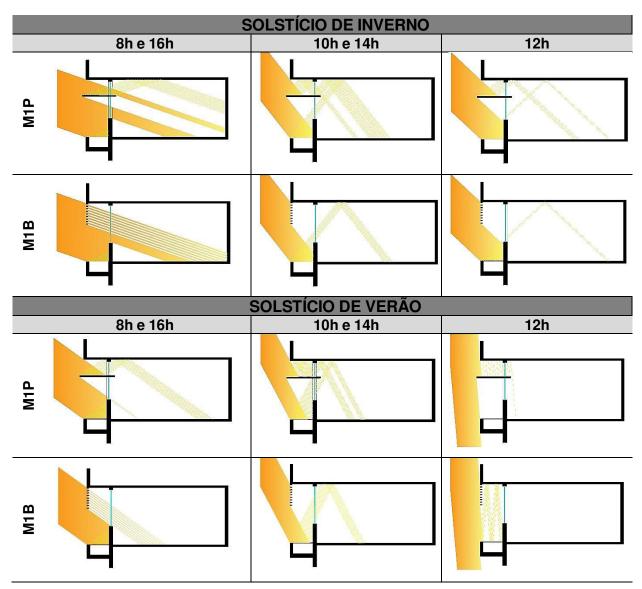


Fonte: arquivo do lfes com modificações feitas pela autora

Fonte: arquivo do lfes com modificações feitas pela autora

Quadro 1: Esquema da incidência solar direta nos modelos M1P e M1B





Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Os modelos **M2P** – balcão associado à prateleira de luz - e **M2B** – balcão associado à brises – ilustrado pelas figuras 16e 17, respectivamente, são os modelos <u>sem</u> o balcão refletor, de forma a verificar se há diferenciação nos resultados obtidos em função da existência ou não deste elemento de fachada. Vê-se também, através do quadro 02, um esquema com a incidência solar direta e refletida dos dispositivos de fachada.

ALTURA SOLAR SOLAR

Figura 16: Modelo M2P

Figura 17: Modelo M2B

Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Fonte: arquivo do lfes com modificações feitas pela autora

Quadro 2: Esquema da incidência solar direta nos modelos M2P e M2B

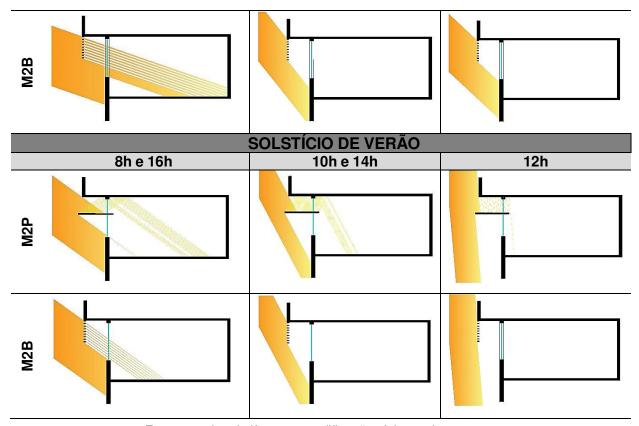
SOLSTÍCIO DE INVERNO

8h e 16h

SOLSTÍCIO DE INVERNO

12h

12h



Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

As figuras 18 e 19 ilustram os modelos **M3P_int** – balcão refletor inclinado 30° para a área interna, associado à prateleira de luz - e **M3B_int** – balcão refletor inclinado 30° para a área interna - associado à brises. Optou-se em alterar a inclinação da superfície refletora de forma a verificar se há um aumento da iluminância no ambiente interno ou maior distribuição desta iluminância. Nivelou-se o balcão com a altura do peitoril, de forma a evitar ofuscamento. O quadro 03 ilustra o comportamento da incidência de luz direta nos balcões e seu comportamento, associado a prateleiras e brises.

Figura 18: Modelo M3P_int

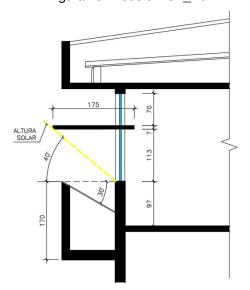
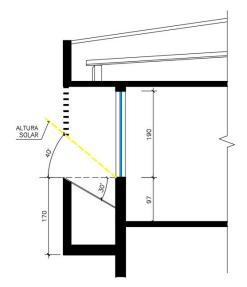


Figura 19: Modelo M3B_int



Fonte: arquivo do lfes com modificações feitas pela autora

Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Quadro 3: Esquema da incidência solar direta nos modelos M3P_int e M3B_int

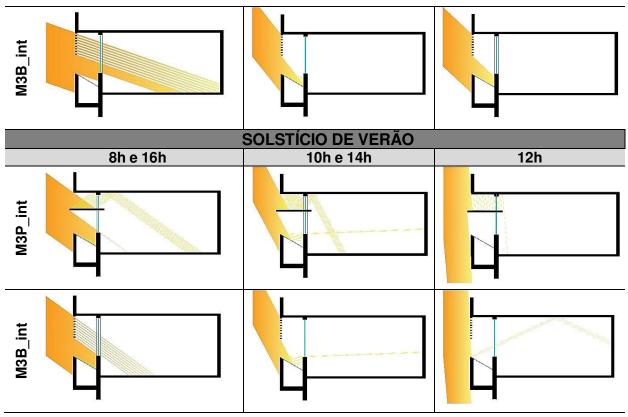
SOLSTÍCIO DE INVERNO

8h e 16h

10h e 14h

12h

1ui de Maria Maria



Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora ora

O modelo M4P_ext e M4B_ext (figura 20 e 21) são modelos onde o balcão refletor inclina-se 30° para a área externa. Optou-se por esse modelo de forma a aumentar a entrada de luz entre o balcão e as prateleiras e/ou brises e verificar o comportamento deste com relação a distribuição e aumento da luz natural no ambiente interno. A seguir, o quadro 04 ilustra a incidência de luz direta no período dos Equnócios e Solstícios, para o horário das 8h, 10h, 12h, 14h e 16h.

Figura 20: Modelo M4P_ext

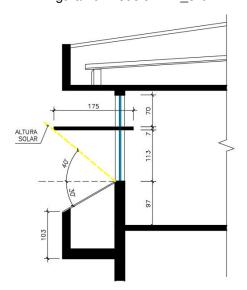
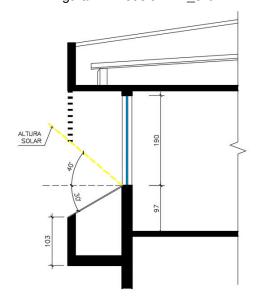


Figura 21: Modelo M4B_ext

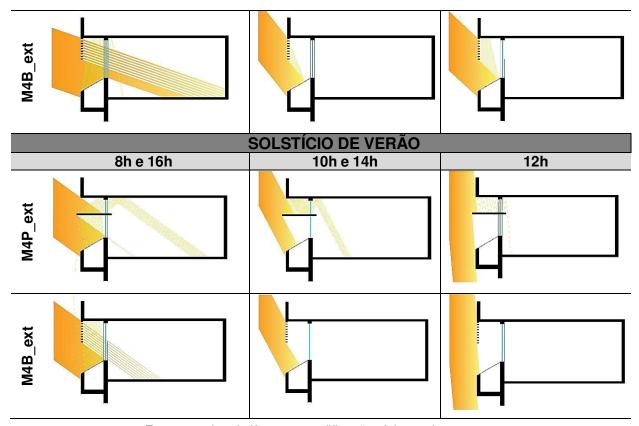


Fonte: arquivo do lfes com modificações feitas pela autora

Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Quadro 4: Esquema da incidência solar direta nos modelos M4P_ext e M4B_ext

| SOLSTÍCIO DE INVERNO | Sh e 16h | 10h e 14h | 12h |



Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

As figuras 22 e 23 ilustram os modelos **M5P_int** e **M5B_int**, que possuem superfície refletora com 15° de inclinação para a área interna, associados a prateleiras e brises. Com esses modelos, buscou-se aproximar a superfície refletora do peitoril da janela, porém com uma inclinação menos acentuada, para que seja possível verificar se esses parâmetros contribuem para uma melhor distribuição da iluminância no ambiente interno. O quadro 05 apresenta um esquema com a incidência de luz direta nos modelos.

Figura 22: Modelo M5P_int

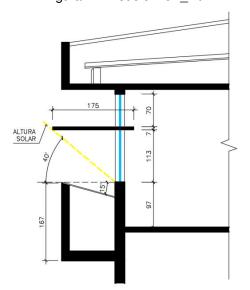
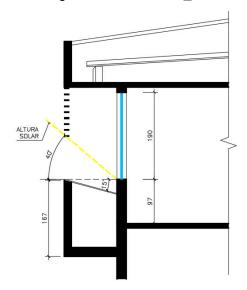


Figura 23: Modelo M5B_int



Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Fonte: arquivo do lfes com modificações feitas pela autora

Quadro 5: Esquema da incidência solar direta nos modelos M5P_int e M5B_int

EQUINÓCIOS

8h e 16h

10h e 14h

12h

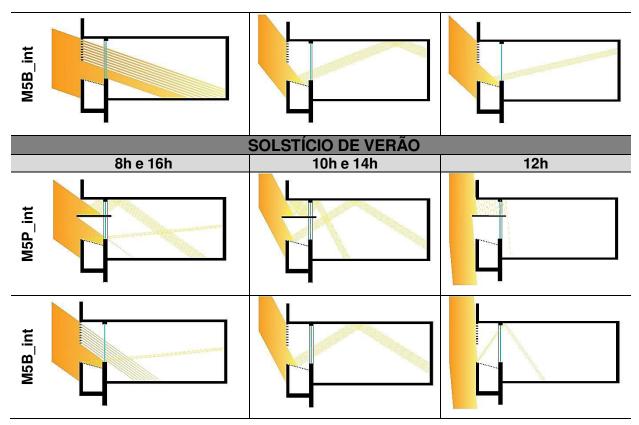
1ui agg

SOLSTÍCIO DE INVERNO

8h e 16h

10h e 14h

12h



Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Por fim, as figuras 24 e 25 apresentam os modelos **M6P_ext** e **M6B_ext**, com o balcão refletor inclinado 15° para a área externa. Assim como nos modelos M4P_ext e M4B_ext, a superfície refletora foi alinhada com o peitoril, para que não haja obstrução da reflexão da luz natural para o ambiente interno. Com relação ao comportamento dos modelos frente à incidência de luz solar direta, o qaudro 06 ilustra os esquemas para os Equinócios e Solsticios.

Figura 24: Modelo M6P_ext

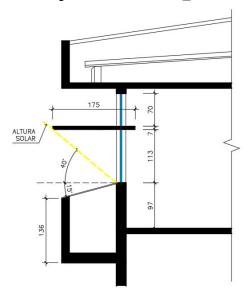
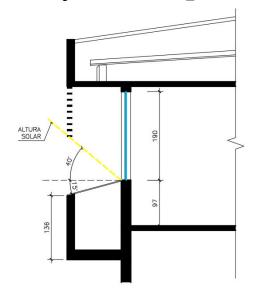


Figura 25: Modelo M6B_ext



Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Quadro 6: Esquema da incidência solar direta nos modelos M6P_ext e M6B_ext

SOLSTÍCIO DE INVERNO

8h e 16h

10h e 14h

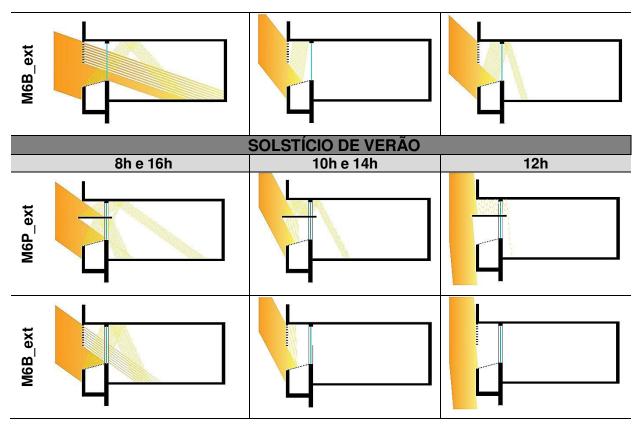
12h

SOLSTÍCIO DE INVERNO

8h e 16h

10h e 14h

12h



Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Ressalta-se que, para esta pesquisa, não consta a análise do modelo em sua situação real, ou seja, sem brises e prateleiras de luz, em função de simulações preliminares realizadas por Fassina e Laranja (2016), que demonstraram os altos índices de iluminância no interior da sala de aula em função da ausência de protetores solares externos, indicando a necessidade do uso de dispositivos que bloqueiem a luz direta para dentro do ambiente, permitindo assim verificar a real contribuição do balcão refletor. De qualquer forma, esses dados foram formatados nos parâmetros desta pesquisa e constam no **Apêndice A**, para auxiliar no entendimento do comportamento dos modelos como um todo.

Para os modelos estudados, existem elementos que podem ser caracterizados como parâmetros "fixos" e "variáveis". Os parâmetros fixos são aqueles que não se alteraram durante as simulações. São eles:

- As dimensões da marquise, não havendo alteração deste elemento em nenhum dos modelos simulados;
- Dimensões da sala de aula (10,65m x 5,80m);

- Localização e tamanho das aberturas. As janelas permaneceram com o mesmo tamanho em todos os modelos (3,30 x 1,90 x 0,97), mesmo onde existe a prateleira de luz. A posição das aberturas também não foi alterada;
- Dimensionamento dos brises e prateleiras, que se mantiveram fixos em todos os modelos;
- Índices de refletância: 0,8 para teto; 0,2 para piso; 0,6 para paredes internas; 0,5 para paredes externas; 0,8 para balcões refletores, prateleiras de luz e brises;
- Edificação obstruidora, existente em todos os modelos simulados (figura 26).

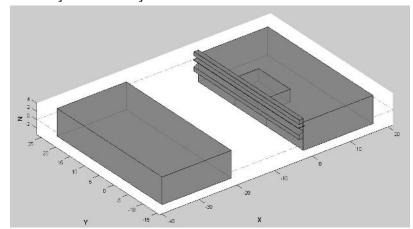


Figura 26: Localização da edificação obstruidora existente em todos os modelos simulados

Fonte: Imagem gerada pelo TropLux 7 (2017)

 As portas foram consideradas fechadas, com transmitância³ "zero". Não houve alteração nas propriedades do vidro, sendo utilizada a transmitância determinada pelo TropLux (vidro comum translúcido), como é possível verificar através da figura 27;

³ É a transmissão da luz através de superficies transparentes ou translúcidas (PEREIRA; SOUZA, 2000)

Angulo de incidência

Figura 27: Propriedades de envidraçamento x ângulo de incidência do vidro padrão utilizados pelo programa TropLux

Fonte: Imagem gerada pelo TropLux 7 (2017)

3.3.2 Tipos de céu

Para a definição dos tipos de céu, foi utilizado o padrão de classificação da CIE (2002), que propõe um conjunto de 15 modelos de céu, subdivididos em três grupos de cinco modelos, que correspondem a três céus tradicionais: céu encoberto, céu parcialmente nublado e céu claro (figura 28).

CÉU ENCOBERTO

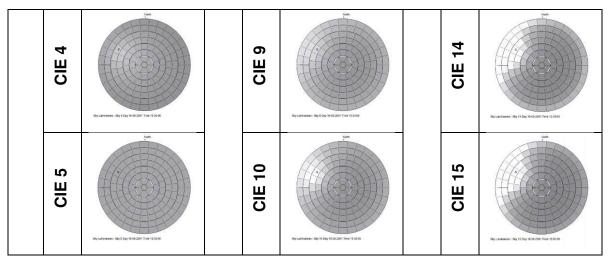
CIE 3

CIE 1

CIE 11

C

Figura 28: Tabela com os 15 modelos de céu da CIE (2003), com destaque para os tipos de céu utilizados nesta pesquisa



Fonte: adaptado de Cabús (2002)

Para esta pesquisa, foram escolhidos os céus CIE 3 (Encoberto), CIE 7 (Parcialmente nublado) e CIE 12 (Claro), baseado nos estudos de Laranja et al. (2009), céus estes que apresentaram valores mínimos, intermediários e máximos da média anual dos valores de iluminância interna. Medeiros (2015, p. 85) afirma também que "[...] um estudo separado das tipologias de céu [...] pode fornecer dados mais específicos quanto ao comportamento e a disponibilidade de luz natural [...]", o que pode contribuir para a análise dos resultados.

3.3.3 Dias e horários das simulações

Os modelos foram simulados para todos os dias do ano, de hora em hora, das 7h às 17 horas, baseado no horário de utilização de uma sala de aula, totalizando onze horas diárias. As coordenadas utilizadas foram a da cidade de Colatina- ES, latitude 19º 32' 22"S e longitude 40º 37' 50"W.

3.3.4 Azimutes

Um fator de fundamental importância para a análise da iluminação nos ambientes internos é a orientação das aberturas (LARANJA; CABÚS; GAZZANEO, 2009; MAIOLI; TAUFNER; ALVAREZ, 2014). De forma a se obter uma análise mais ampla, procurouse estudar as quatro principais orientações, ou seja, Norte, Sul, Leste e Oeste. Sabese que para Norte há alturas solares maiores e mais inclinadas em relação à fachada, principalmente quando nas épocas mais quentes do ano. As orientações Leste e Oeste, apesar de possuírem respostas semelhantes, foram analisadas separadamente, já que, para Leste, há radiação direta, com baixos ângulos solares, no período da manhã e, na

orientação Oeste, há radiação direta com baixos ângulos solares no período da tarde. Para Sul, obtém-se maior altura solar e incidência solar inclinada com relação à fachada nos períodos mais quentes do ano e ausência de incidência solar nas épocas mais amenas.

3.3.5 Plano de trabalho

Para a determinação da quantidade de pontos de medição, utilizou-se a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). A norma brasileira especifica os requisitos de iluminação natural para ambientes de trabalho internos e indica valores e parâmetros para que seja possível desempenhar as tarefas de maneira eficiente, com conforto e segurança.

Uma das recomendações da NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) são os critérios para elaboração da malha de cálculo para verificação do nível de iluminância no ambiente interno, determinação essa utilizada nessa pesquisa. Nesta malha, a quantidade mínima de pontos depende do tamanho e da forma da superfície de referência (ou plano de trabalho). O tamanho máximo da malha recomendado para salas segue, então, a tabela a seguir do no Anexo B da referida norma (tabela 01):

Tabela 1: Tamanhos da malha recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1

Maior dimensão da zona ou sala d	Tamanho da malha	
Aproximadamente 1 m	0,2 m	
Aproximadamente 5 m	0,6 m	
Aproximadamente 10 m	1 m	
Aproximadamente 50 m	3 m	
	d Aproximadamente 1 m Aproximadamente 5 m Aproximadamente 10 m	

Fonte: ABNT (2013)

Contudo, o programa TropLux (CABÚS, 2005) permite utilizar os parâmetros da NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) para a determinação de pontos da malha, como é possível verificar através da figura 29 com destaque para a opção de malha.

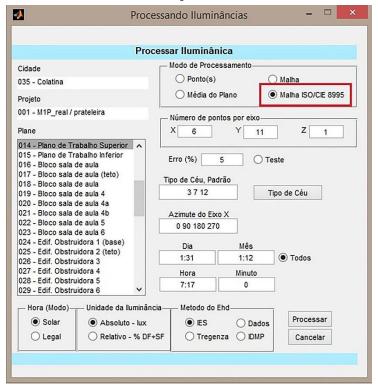


Figura 29: Opção de utilização pelo TropLux 7 dos parâmetros da NBR ISO/CIE 8995-1 para determinação da malha

Fonte: Imagem extraída do TropLux 7 (2017)

Em função das dimensões da sala de aula estudada (10,65x5,80m), determinou-se então uma malha com 66 (sessenta e seis) pontos de medição, ilustrados através da figura 30, com formato próximo a um quadrado. Cada ponto está distante 97cm entre si e 50cm distante das paredes. Consta ainda a altura de 0,75m para o plano de trabalho.

🗙 Pontos de medição JARDINFIRA **JARDINEIRA** JARDINEIRA X P2 X P3 X P4 **X** X P6 X P7 X P8 **X** P9 X P10 X P11 97 X P22 X PI2 X P13 X P14 X P15 X P16 X P17 X P18 X P19 X P20 X P21 97 X P23 X P24 X P25 X P26 X P27 X P28 X P29 **X** P30 X P31 **X** P32 **X** 16 X P34 X P35 X P36 X P37 X P38 X P39 X P40 **X** X P43 X P44 X P45 X P46 X P47 X P48 X P49 X P50 X P52 X P53 X P54 X P55 **X** P61 **X** P62 X P63 X P64 X P65 X P66 97

Figura 30: Planta baixa esquemática e sem escala, com os pontos de medição da iluminância determinados pelo TropLux

Fonte: arquivo do lfes com modificações feitas pela autora

3.3.6 Refletâncias

Quanto às refletâncias utilizadas nos modelos, buscou-se aplicar índices que se aproximassem do existente e que colaborassem para a entrada de luminosidade no ambiente interno. Para essa escolha, baseou-se na NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) e nos estudos de Pereira e Souza (2000), que determinam faixas de refletâncias úteis para superfícies.

A tabela 02 demonstra os índices de refletância adotados nessa pesquisa.

Tabela 2: Tabela com as refletâncias utilizadas nos modelos

SUPERFÍCIES	REFLETÂNCIAS
Piso	0,2
Teto	0,8
Paredes internas	0,5
Paredes externas	0,6
Balcões refletores	0,8
Brises e prateleiras	0,8
Edificação obstruidora	0,6

Fonte: elaborado pela autora

3.3.7 Indicadores de desempenho para avaliação

Como método de avaliação, foi utilizado o conceito de IULN, Iluminância Útil de Luz Natural (UDI, Useful Illuminance Daylight), de Nabil e Mardaljevic (2006). De acordo com os autores, a UDI é baseada numa medida de quantas vezes no ano as iluminâncias diurnas permaneceram dentro de um intervalo de valores de lux. Esses intervalos foram determinados como faixas de iluminância, onde a iluminação é considerada "insuficiente" quando abaixo de 100 lx; entre 100 lx a 500 lx a iluminação é considerada "aceitável/eficaz" podendo haver necessidade de complementação com luz artificial; no intervalo entre 500 lx e 2000 lx é considerada "desejável" e, acima de 2000 lx é considerada "excessiva". Para esta pesquisa, determinou-se como "faixa alvo" o intervalo entre 500≤E≤2000lx.

Considera-se ainda para análise, os parâmetros determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), que especifica a iluminância mínima para que os usuários possam desempenhar suas tarefas e atividades de maneira eficiente, com conforto e segurança. No caso de salas de aula, a iluminância mínima a ser mantida na superfície é de 300lx (tabela 3). Não há determinação do limite máximo pela norma.

Tabela 3: Determinação da iluminância mínima na superfície de trabalho pela NBR ISSO/CIE 8995-1

28. Construções educacionais				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	

Fonte: ABNT (2013)

Quanto à distribuição da luz no ambiente interno, a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) menciona que "a iluminância deve se alterar gradualmente e a área da tarefa deve ser iluminada o mais uniformemente possível" (ABNT, 2013, p. 6). Para isso, a norma brasileira dita que a uniformidade da superfície de trabalho é determinada pela razão entre o valor mínimo (Emin) e o valor médio (Emed), não sendo inferior à 0,7 (ou 70%) nas áreas de trabalho e 0,5 (ou 50%) no entorno imediato. Contudo, a norma diz também que quando não for possível definir a área de trabalho do espaço interno em função de um arranjo flexível das mesas, como ocorre em salas de aula, por exemplo, deve-se adotar o índice de 0,6 (ou 60%) mínimo de uniformidade, sendo este valor suficiente para garantir que o valor mínimo de 70% seja observado nas mesas individuais (ABNT, 2013). Nesta pesquisa, adotou-se então o valor de 60% como percentual mínimo de uniformidade no ambiente interno. O programa Troplux fornece o valor de Delta, correspondente à uniformidade entre os pontos de medição, por isso, nesta pesquisa foi utilizado o percentual fornecido pelo programa, conforme indicado na figura 31, de forma a verificar se a luz se mantém uniforme em todo o espaço da sala de aula, baseado nas determinações da norma.

Estatísticas de Malha E(Limite Céu XYZ 500 k 90 20-12 21-12 E2 Processar 11 E3 2000 bx 270 Limpar tela 1139.7 1878.5 Direto Min 673.4 Intervalo 2 [E1; Céu Direto Intervalo 3 [E2 CV (% 32.1 Intervalo 4 IF4 Céu Refletido Med:Min 1.7 Max:Min Delta (% 59.1 < > < > < > < > Gerar gráfico Gerar Relatório

Figura 31: Percentual de uniformidade fornecido pelo programa Troplux

Fonte: Imagem extraída doTroplux (2017)

3.3.8 Tratamento de dados

De forma a facilitar a compreensão dos resultados obtidos, os modelos foram analisados **aos pares**, agrupando as tipologias dos balcões aos brises e prateleiras, auxiliando na assimilação e performance apresentadas. São eles:

- Modelo M1P balcão real com prateleira de luz com modelo M1B balcão real com brises;
- Modelo M2P sem balcão, com prateleira de luz com modelo M2B sem balcão, com brises;
- Modelo M3P balcão inclinado 30° para a área interna, com prateleira de luz - com modelo M3B – balcão inclinado 30° para a área interna com brises;
- Modelo M4P balcão inclinado 30° para a área externa, com prateleira de luz - com modelo M4B – balcão inclinado 30° para a área externa com brises;
- Modelo M5P balcão inclinado 15° para a área interna, com prateleira de luz – com modelo M5B – balcão inclinado 15° para a área interna com brises;
- Modelo M6P balcão inclinado 30° para a área interna, com prateleira de luz - com modelo M6B – balcão inclinado 30° para a área interna com brises;

As informações extraídas das simulações realizadas pelo TropLux foram organizadas em quatro tópicos: "Percentuais das UDIs", "Iluminância", "Uniformidade" e "Análise do decaimento da luz natural". No primeiro tópico, são apresentados os gráficos dos percentuais de horas que os pontos de medição estiveram dentro dos percentuais de horas da UDI, em gráfico de barras, para todos os dias do ano, equivalente ao período das 7h às 17h. As barras são diferenciadas por cores, referentes às iluminâncias úteis (UDI) de Nabil e Mardaljevic (2005). Cada gráfico foi elaborado em função da orientação e subdivididos de acordo com as tipologias de céu simuladas. São apresentados os dados para as quatro orientações, onde primeiro analisou-se as orientações Norte, Sul, nos três tipos de céu - céu nublado (CIE 3), céu parcialmente encoberto (CIE 7) e céu claro (CIE 12) — e depois analisadas as orientações Leste e

Oeste, para os mesmos tipos de céu. A seguir, um exemplo do gráfico utilizado para esta análise (gráfico 01).

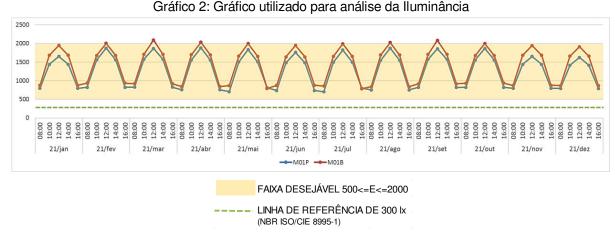
■ E<100|x ■ 100<=E<=500 ■ 500<=E<=2000 ■ E>2000|x 66,3% 29,3% CÉU 12 M01F 70,8% 23.7% 66.2% 19.4% M01B céu 14,1% 69,8% M01P 57,2% 38,9% céu 3 64,1% 31,3%

Gráfico 1: Gráfico utilizado para análise dos Percentuais das UDI

Fonte: elaborado pela autora

No segundo tópico, verifica-se a "lluminância", com o desempenho dos modelos no decorrer do ano, onde os dados foram coletados para todos os meses do ano, no vigésimo primeiro dia de cada mês, entre 8h e 16h, com um intervalo de 2h entre as horas do dia⁴, de forma a verificar a variabilidade do comportamento dos modelos ao longo do ano, sendo os gráficos apresentados em linhas. Nesse gráfico, se destacou o intervalo da faixa desejável (500≤E≤2000lx), de forma a verificar se a performance apresentada pelo modelo permaneceu nesse interstício, assim como a referência mínima de 300lx determinada pela NBR ISO/CIE 8995-1, como é possível observar no exemplo apresentado a seguir (gráfico 02). Em função dos resultados obtidos na análise anterior, optou-se em apresentar somente os dados do *céu parcialmente encoberto* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), já que, sob condições de *céu nublado* (CIE 3), a orientação da abertura não foi um fator relevante para captação de energia luminosa. Os dados deste céu são apresentados no Apêndice B.

⁴ Com relação ao intervalo de horas adotado para análise dos resultados, como a NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) não indica horários de medição, adotou-se a referência apresentada pela NBR 15215 (2003), que determina que, para medições *in loco*, deve adotar um intervalo de 2h em 2h para medições. Para facilitar e apresentação e leitura dos resultados, optou-se então em apresentar os resultados de 2h em 2h.



No terceiro tópico, analisa-se a "Uniformidade", onde se buscou averiguar a distribuição da iluminância no ambiente interno, correlacionando-os com o valor determinado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), de no mínimo 0,6 (ou 60%) para a área de trabalho. Nessa etapa foram coletados os dados referentes à orientação Norte e Sul, nos Equinócios e Solstícios, para todas as horas do dia (de 7h às 17h) e todos os pontos da malha. Analisou-se somente para céu parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12), em função dos resultados semelhantes obtidos para céu encoberto (CIE 3). Foram gerados gráficos em barra, informando os percentuais obtidos para cada situação analisada, onde se delimita o percentual a ser alcançado (60%). O gráfico 03 apresenta um exemplo do tratamento de dados para este item.

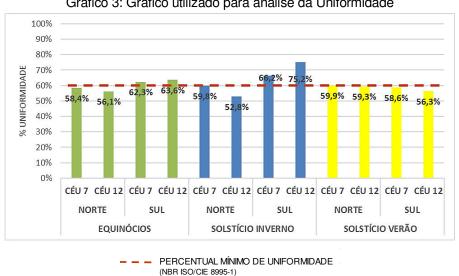


Gráfico 3: Gráfico utilizado para análise da Uniformidade

Fonte: elaborado pela autora

No último tópico, "Análise do decaimento da luz natural", que trata da distribuição da iluminância no ambiente interno, foram gerados gráficos que ilustram o decaimento da luz através das curvas isolux, desde o ponto mais próximo às aberturas até o mais distante. Dentre os 66 pontos de medição, elegeu-se uma linha perpendicular à janela central, composto pelos pontos *P6 (0,50m da abertura), P17 (1,50m da abertura), P28 (2,40m da abertura), P39 (3,40m da abertura), P50 (4,35m da abertura) e P61 (5,30m da abertura)*, conforme ilustrado na figura 32.

X Pontos de medição (grid 11x6) JARDINEIRA JARDINEIRA JARDINEIRA X χ_3 X P4 X P5 | X X X P8 X P2 X P9 X_{P10} X P11 X P16 **X** X P21 X P12 X P13 X P14 X P15 X P18 X P19 X P20 X PZZ X PZB X P27 X PZ9 X P25 X P32 X PZ3 X P24 X P26 X P30 X P31 X P33 X P34 X P35 X P36 X P37 X P38 | X X P40 X P42 X P43 X P44 X P45 X P46 X P47 X P48 X P49 X P51 X P52 X P53 X P54 X P55 X P56 X P57 X P58 X P59 X P60 **X** P61 X P62 X P63 X P64 X P65 X P66 1065

Figura 32: Planta baixa com os pontos de medição utilizados

Fonte: arquivo do Ifes com modificações feitas pela autora

Optou-se por verificar o decaimento da luz natural somente no *Solstício de Inverno* e *Solstício de Verão*, nas condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), em função do comportamento dos modelos para esses céus. Os horários utilizados nesta análise foram 10h, 12h e 15h. Como o horário das 14h apresenta valores semelhantes ao horário das 10h, optou-se em apresentar os dados de decaimento para as 15h, de forma a ampliar o entendimento da luz no ambiente interno. Para a apresentação dos resultados, utilizou-se gráficos em linha, onde se destacou o intervalo da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), de forma a verificar se os pontos de decaimento da curva permaneceram dentro do interstício esperado, como é possível verificar através do gráfico 04, apresentado como exemplo. Anexo a este gráfico há uma tabela com o demonstrativo dos percentuais de decaimento entre os pontos de medição desta análise.

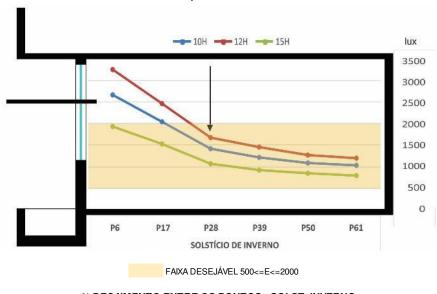


Gráfico 4: Gráfico utilizado para a Análise de Decaimento da luz

 % DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

10H -23% -31% -14% -10% -5% 12H -25% -32% -13% -12% -5% 15H -21% -30% -12% -9% -5%

Fonte: elaborado pela autora

Ao final de cada análise será apresentado um "Quadro Resumo" indicando quais modelos obtiveram mais pontos dentro do intervalo das iluminâncias consideradas desejáveis, ou seja, entre 500≤E≤2000lx, de forma a se verificar os dispositivos que permitiram melhor aproveitamento da luz natural no ambiente interno. Os parâmetros para a classificação do desempenho dos modelos foram:

- a) "Situação desejável" acima de 75% de pontos de iluminância dentro do intervalo alvo (500≤E≤2000lx);
- b) "Situação aceitável" entre 75% e 50% dos pontos de iluminância dentro do intervalo alvo (500≤E≤2000lx);
- c) "Situação indesejável" abaixo de 50% dos pontos de iluminância dentro do intervalo alvo (500≤E≤2000lx).

Como para a análise da *Uniformidade* os valores considerados ideais foram determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), para facilitar a visualização final, definiu-se, para esta análise:

 "Situação Desejável": quando o percentual de uniformidade estiver acima de 60%;

- "Situação Aceitável": quando o percentual de uniformidade estiver entre 60% e 50% (limite este referente à uniformidade do entorno imediato);
- "Situação Indesejável": quando o percentual de uniformidade estiver abaixo de 50%.

Ao final das análises dos pares, um "*Quadro Síntese*" apresenta todas as avaliações realizadas, de forma a verificar o desempenho dos modelos de forma unificada.

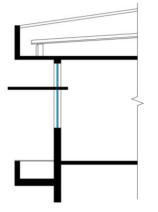
4. RESULTADOS E ANÁLISES

Este capítulo apresenta a análise dos dados obtidos através das simulações computacionais para os 12 modelos, definidos na metodologia. As comparações foram realizadas **aos pares**, onde um mesmo modelo de balcão foi associado ora a prateleiras de luz, ora a brises. As simulações foram realizadas para uma sala de aula, para todos os dias do ano, nas quatro principais orientações — *Norte, Sul, Leste e Oeste* — das 7h às 17h, de hora em hora, para o *céu encoberto* (CIE 3), *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), sendo mantidos constantes os índices de reflexão das superfícies internas e externas. As simulações visaram a obtenção de resultados do comportamento da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno: percentuais de iluminância dentro dos intervalos da UDI, iluminância em horários e dias específicos ao longo do ano, curvas de decaimento da luz natural na sala de aula e uniformidade. Ao final de cada análise aos pares apresenta-se um quadro síntese que ilustra a performance dos dispositivos.

4.1 Análise dos modelos M1P e M1B: balcão refletor na situação real, associados a prateleiras de luz e aos brises

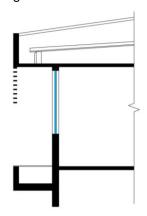
Neste item são representados os modelos analisados: modelos **M1P**, modelo com balcão real, associado a prateleiras de luz (figura 33) e **M1B**, modelo com balcão real, associado aos brises (figura 34).

Figura 33: Modelo M1P



Fonte: elaborado pela autora

Figura 34: Modelo M1B



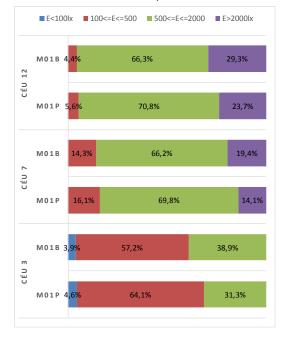
Fonte: elaborado pela autora

4.1.1 Percentuais das UDIS

Os gráficos de 05 e 08 apresentam os percentuais de iluminância dentro dos intervalos da UDI. Para *céu encoberto* (CIE 3), para todas as orientações, o **M1B** (balcão com brises) apresentou percentual 7,6% superior na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), o que mostra a menor necessidade de complementação com iluminação artificial. Em ambos modelos não há percentuais dentro da faixa considerada *excessiva* (E<2000lx).

Já para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), para todas as orientações, o modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz) apresentou percentual superior entre 3,6% e 4,7%, na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), situações estas que permitirão uma maior utilização da luz natural no ambiente interno sem necessidade de complementação com iluminação artificial. Também o modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz) apresenta os menores percentuais dentro da faixa considerada *excessiva* (E<2000lx), reduzindo problemas com ofuscamento nestes ambientes.

Gráfico 5: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M1P e M1B



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 6: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M1P e M1B



Gráfico 7: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M1P e M1B



Gráfico 8: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M1P e M1B



Fonte: elaborado pela autora

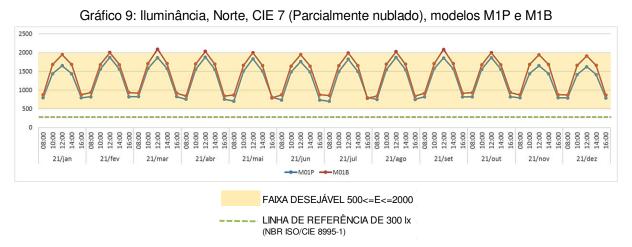
Desta forma, pode-se concluir que sob condições de *céu encoberto* (CIE 3), ambos modelos obtiveram percentuais inferiores dentro do intervalo alvo, apresentando grande parte do resultado na faixa *"aceitável"* (100≤E≤500lx), o que ocasionará uso de luz artificial complementar. Para este céu, o modelo M1B (balcão com brises) apresentou percentual alvo superior. Nas condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), o desempenho entre os modelos foi elevado e com baixas diferenças percentuais entre eles, contudo, o modelo M1P (balcão com prateleira de luz) apresentou melhor desempenho, para todas orientações. A orientação Norte obteve os menores percentuais dentro do intervalo alvo (quadro 07).

Quadro 7: Desempenho dos modelos M1P e M1B na análise de Percentual das UDI

MODELOS N S L O N S L O	I	D/I	ODELOS		CII	E 3			CII	E 7			CIE	12	
Parameter Control of the Control of	l	IVI	ODELOS	N	S	L	0	N	S	L	0	N	S	L	0
Partition (Mark Control of Contro		_	15755555555555 #1-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7-7												
- Indiana		016	+												
		Σ													
			7												
MO	ı	8	11												
	1	9	1												
	ı	~													

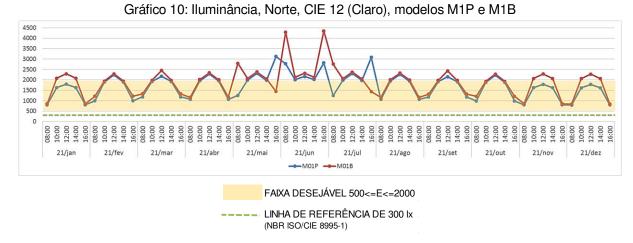
4.1.2 Iluminância

É possível notar no gráfico 09, para *céu parcialmente nublado* (CIE 7), **Norte,** que ao longo do ano ambos modelos permaneceram dentro da faixa considerada *desejável* (500≤E≤2000lx) além de terem obtido valores superiores à 300lx, indicado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

Já nas condições de *céu claro* (CIE 12), **Norte**, a variação de iluminância entre os modelos acontece de forma mais evidenciada no inverno, como ilustrado através do gráfico 10, onde o modelo **M1B** (balcão com brises) apresenta iluminâncias excessivas, podendo ocasionar ofuscamento. Já o modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz), apesar também dos excessos de iluminância nesta época do ano, tem maior permanência dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx). Esta situação acontece para ambos modelos, provavelmente em função da altura dos raios solares ser menor nesta época do ano, permitindo o acesso da iluminação direta no ambiente interno. Ambos modelos permaneceram, ao longo do ano, acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

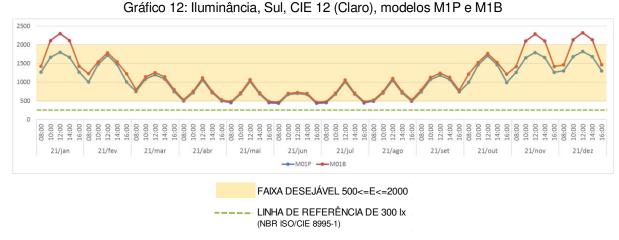


Com relação a orientação **Sul**, o gráfico 11 mostra que o comportamento dos modelos permaneceu dentro da faixa considerada *desejável* (500≤E≤2000lx), assim como acima dos 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) durante todo o ano, quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7).

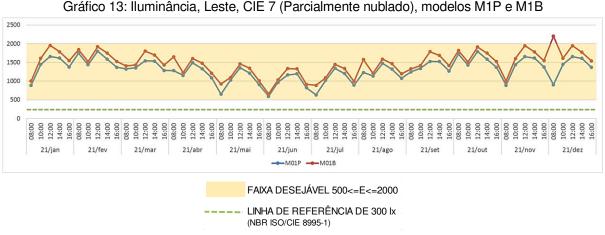
Gráfico 11: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M1P e M1B 2500 2000 1500 1000 500 10:00 10:00 12:00 14:00 12:00 10:00 21/ju ---M01P ---M01B FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000 LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 IX (NBR ISO/CIE 8995-1)

Fonte: elaborado pela autora

Já nas condições de *céu claro* (CIE 12), gráfico 12, **Sul**, é possível perceber que no verão, somente o modelo **M1B** (balcão com brises) excedeu os 2000lx, o que irá gerar desconforto para os usuários. Contudo, por se tratar de um ambiente escolar, a utilização do espaço nesse período do ano é reduzida, com exceção do mês de novembro. Vale ressaltar que ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



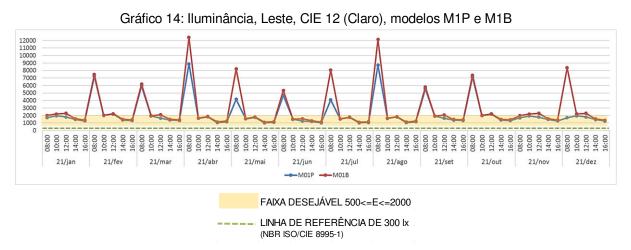
O gráfico 13 mostra o comportamento dos modelos para orientação **Leste**, *céu parcialmente nublado* (CIE 7). Nota-se uma desigualdade da luz natural ao longo do ano para ambos modelos, onde, apesar da quase totalidade dos resultados estar dentro da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), o modelo **M1B** (balcão com brises) apresenta novamente as maiores iluminâncias ao longo do ano, com um pico de iluminância que excede os 2000lx às 8h no mês de dezembro. Contudo, ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

Já nas condições de *céu claro* (CIE 12), **Leste**, para ambos modelos, foram obtidos, em grande parte do ano, elevados índices de iluminância no horário das 8h, sendo estes excessos mais pronunciados no modelo **M1B** (balcão com brises). Esta situação provavelmente está ocorrendo em função da parcela de luz direta, visto que o dimensionamento dos brises e prateleiras protege o ambiente do sol após às 8h (gráfico 14). Excetua-se dessa afirmação o modelo com prateleira de luz, que não apresentou

excesso de iluminância às 8h, no verão. Destaca-se que ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) ao longo do ano.



Fonte: elaborado pela autora

Quando verificado o comportamento dos modelos para **Oeste**, o gráfico 15 apresenta os resultados sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), onde ambos modelos apresentam a quase totalidade dos valores dentro da faixa desejável de iluminação, apesar do modelo **M1B** (balcão com brises) apresentar mais uma vez as maiores iluminâncias, bem como um pico de iluminância às 16h em setembro, excedendo os 2000lx da faixa alvo. Este fato foi revisado para o mês de setembro, que possui a mesma trajetória solar de março, onde constatou-se o mesmo excesso de iluminação, porém no horário das 15h, como é possível verificar em destaque no gráfico 15. Destaca-se que ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) ao longo do ano.

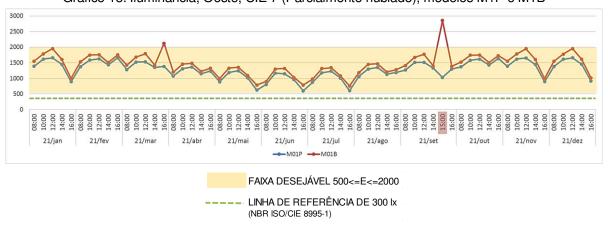
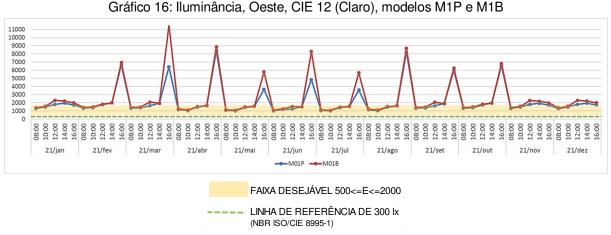


Gráfico 15: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M1P e M1B

Já no gráfico 16, para o *céu claro* (CIE 12), **Oeste**, ambos modelos apresentaram iluminâncias excessivas às 16h, o que provavelmente ocorreu em função da parcela de luz direta, visto que o dimensionamento dos brises e prateleiras protege apenas o sol após às 16h. Esses excessos ocorrem entre fevereiro e novembro, referente ao período escolar e de maior utilização das salas de aula, o que poderá gerar desconforto e ofuscamento no ambiente interno. No verão, ambos modelos responderam positivamente, sem apresentar iluminâncias excessivas, provavelmente em função da maior altura solar. Contudo, o objeto de aplicação, sendo um ambiente escolar, em parte desse período não será utilizado. Vale ressaltar que ambos modelos permaneceram, ao longo do ano, acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

Diante dos parâmetros analisados, pode-se concluir que para *céu parcialmente nublado* (CIE 7), para todas as orientações e todo o ano, tanto o modelo **M1P** (balcão com

prateleiras de luz) como o modelo **M1B** (balcão com brises) permanecem com seus valores de iluminância dentro da faixa alvo (500≤E≤2000lx) e acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). O modelo **M1P** (balcão com prateleiras de luz) apresentou performance superior sob essas condições de céu. Já nas condições de céu claro (CIE 12), somente o modelo **M1P** (balcão com prateleiras de luz) obteve percentual elevado de pontos dentro da faixa alvo (500≤E≤2000lx) e acima dos 300lx em todas as orientações analisadas. Já o modelo **M1B** (balcão com brises) teve o pior desempenho quando orientado para Norte (quadro 08).

Destaca-se, porém, que sendo o objeto de aplicação um espaço escolar, não haverá desconforto ao usuário em função do mal desempenho apresentado pelos modelos sob condições de *céu claro* (CIE 12) para Norte, pois este desempenho insatisfatório ocorre no mês de julho, referente ao recesso escolar. No caso destes dispositivos serem utilizados em edificações com outros usos, esse fator deverá ser considerado.

MODELOS

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

SITUAÇÃO DESEJÁVEL

SITUAÇÃO ACEITÁVEL

SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 8: Desempenho dos modelos M1P e M1B na análise de Iluminância

Fonte: elaborado pela autora

4.1.3 Uniformidade

O gráfico 17 demonstra os percentuais de uniformidade do modelo **M1P** (balcão com prateleiras de luz), onde é possível observar que o modelo alcançou o limite mínimo de uniformidade no ambiente interno (0,6 ou 60%) no período dos Equinócios e Solstício de Inverno, quando orientados para Sul, em ambas as condições de céu. No Solstício de Verão, o modelo quando orientado para Norte alcançou percentuais próximos do recomendado.

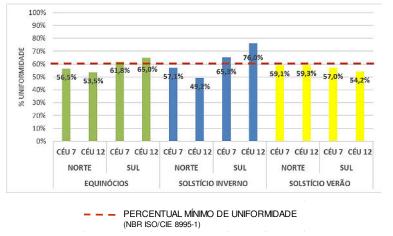


Gráfico 17: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M1P

Os percentuais apresentados pelo modelo **M1B** (balcão com brises) mostram que este modelo também alcançou o limite mínimo de uniformidade no ambiente interno nos Equinócios e Solstício de Inverno, porém, somente quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), como é possível verificar através do gráfico 18. Ainda, o modelo **M1B** (balcão com brises) apresentou percentuais inferiores ao longo do ano, em comparação com o modelo **M1P** (balcão com prateleiras de luz).

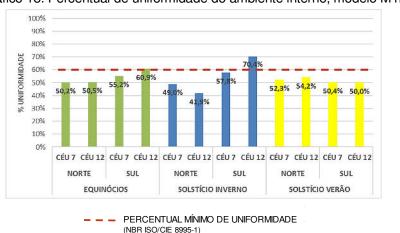


Gráfico 18: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M1B

Fonte: elaborado pela autora

É possível verificar através do quadro 09 que o modelo **M1P** (balcão com prateleiras de luz) permitiu maior alcance da uniformidade no ambiente interno, além de apresentar dados mais próximos do mínimo recomendado. Já o modelo **M1B** (balcão com brises) não atuou positivamente no quesito uniformidade, permitindo percentuais inferiores diante dos parâmetros analisados.

EOUINÓCIOS SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO **MODELOS CIE 12** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 N N Ν N S S S N S SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 9: Desempenho dos modelos M1P e M1B na análise de Uniformidade

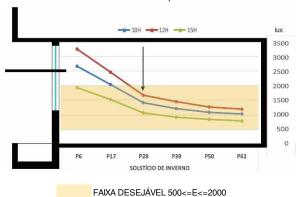
4.1.4 Análise do decaimento da luz natural

Aqui são analisadas as curvas de decaimento da luz natural na sala de aula, para que seja possível a verificação do comportamento da luz e sua distribuição no ambiente interno.

Os gráficos 19 e 20 mostram os dados referentes aos **Solstício de Inverno**, orientação **Norte**, *céu parcialmente nublado* (CIE 7), onde é possível verificar que no modelo **M1B** (balcão com brises), as iluminâncias próximas às aberturas são mais elevados, principalmente às 12h, se prolongando com relação à profundidade do ambiente. Já no *céu claro* (CIE 12), gráficos 21 e 22, observa-se que em ambos modelos as iluminâncias próximas às aberturas são elevadas, principalmente às 12h, podendo ocasionar desconforto visual.

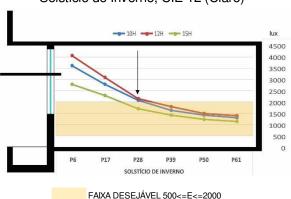
No céu parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12), nas regiões mais distante das aberturas, ambos modelos permaneceram no intervalo útil, o que indica que a iluminação natural irá suprir as necessidades dos usuários. Contudo, no modelo M1P (balcão com prateleiras de luz) há um decaimento maior da iluminação nos pontos próximos à abertura, o que poderá gerar ofuscamento. Acrescenta-se uma deflexão da iluminância no ponto P28 (2,40m da abertura), para ambos céus, como pode ser observado através da seta indicativa no gráfico, o que poderá ocasionar um maior contraste da iluminância interna. No modelo M1B (balcão com brises) a curva é menos acentuada próximo à abertura, gerando menos contrastes na iluminação.

Gráfico 19: Decaimento da luz, M1P, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO										
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61					
10H	-23%	-31%	-14%	-10%	-5%					
12H	-25%	-32%	-13%	-12%	-5%					
15H	-21%	-30%	-12%	-9%	-5%					

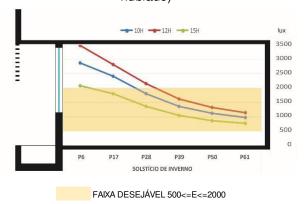
Gráfico 21: Decaimento da luz, M1P, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO										
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61					
10H	-23%	-26%	-21%	-14%	-8%					
12H	-24%	-30%	-17%	-17%	-6%					
15H	-18%	-26%	-17%	-13%	-7%					

Fonte: elaborado pela autora

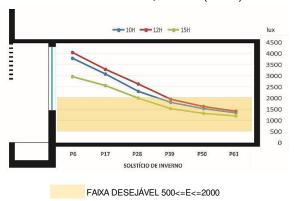
Gráfico 20: Decaimento da luz, M1B, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DEC	% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO										
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61						
10H	-16%	-25%	-24%	-18%	-13%						
12H	-19%	-23%	-25%	-18%	-14%						
15H	-14%	-24%	-24%	-16%	-12%						

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 22: Decaimento da luz, M1B, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



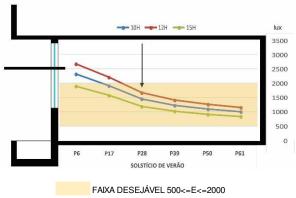
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO										
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61					
10H	-19%	-25%	-22%	-16%	-12%					
12H	-19%	-21%	-26%	-18%	-13%					
15H	-14%	-22%	-24%	-14%	-10%					

Fonte: elaborado pela autora

Para o **Solstício de Verão**, **Norte**, condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), os gráficos 23 e 24 apontam iluminâncias mais elevadas próximas às aberturas no modelo **M1B** (balcão com brises), principalmente às 10h e 12h, mantendo-se acima da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx). Somente às 15h, para o modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz), a curva de iluminância se manteve dentro do intervalo alvo. Para *céu claro* (CIE 12), gráficos 25 e 26, ocorreram menores iluminâncias próximas às aberturas no modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz), permitindo maior uniformidade da luz natural no ambiente interno.

O comportamento da curva de iluminância nas condições de céu parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12) apresentou-se dentro do intervalo alvo nos pontos mais distantes da fonte de luz natural, o que permitirá a utilização do espaço sem necessidade de complementação com iluminação artificial. Contudo, foram obtidas reduções elevadas no modelo M1P (balcão com prateleiras de luz) próximo às aberturas, quando sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), como demonstrado pela seta indicativa no gráfico, o que poderá ocasionar desconforto ao usuário em função da variabilidade da luz no ambiente. Porém, esse mesmo modelo M1P (balcão com prateleiras de luz), para céu claro (CIE 12), obteve menores reduções de iluminância ao longo da profundidade do ambiente, demonstrando que o modelo M1P (balcão com prateleiras de luz) apesar de acarretar menores iluminâncias próximo às aberturas, contribuiu para o menor contraste da iluminação no interior do ambiente. No modelo M1B (balcão com brises), para ambos os céus, a curva apresenta-se menos acentuada apenas no período da tarde. Já no horário das 12h e no período da manhã, há excesso de luz próximo às aberturas, provocando contrastes na iluminação e desconforto visual.

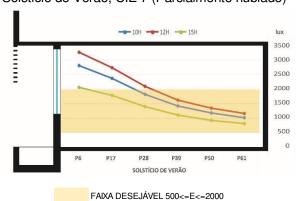
Gráfico 23: Decaimento da luz, M1P, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



/0 DEC	/8 DECAIMENTO ENTRE 03 FONTOS - 30E31. VERAO										
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61						
10H	-17%	-25%	-14%	-10%	-8%						
12H	-18%	-25%	-15%	-11%	-9%						
15H	-17%	-25%	-14%	-10%	-8%						

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 24: Decaimento da luz, M1B, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERAO										
HORA/DIA	P6 a P17	P39 a P51	P50 a P61							
10H	-16%	-23%	-23%	-17%	-13%					
12H	-17%	-23%	-23%	-17%	-13%					
15H	-13%	-22%	-22%	-16%	-12%					

Gráfico 25: Decaimento da luz, M1P, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)

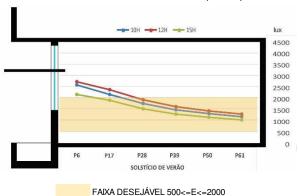
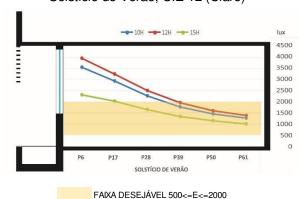


Gráfico 26: Decaimento da luz, M1B, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



 % DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

 10H
 -16%
 -19%
 -16%
 -11%
 -11%

 12H
 -13%
 -19%
 -16%
 -12%
 -11%

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

 10H
 -17%
 -23%
 -22%
 -17%
 -13%

 12H
 -18%
 -23%
 -22%
 -17%
 -14%

 15H
 -12%
 -19%
 -19%
 -15%
 -12%

% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

Fonte: elaborado pela autora

-16%

-11%

-10%

-19%

15H

-12%

Fonte: elaborado pela autora

Quando orientados para **Sul**, no **Solstício de Inverno**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), nota-se através dos gráficos 27 a 30 que ambos modelos apresentaram iluminâncias mais elevadas próximas da abertura, porém com todas as iluminâncias dentro da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), o que permitirá o aproveitamento da luz natural no ambiente interno durante todo o dia sem causar desconforto ao usuário.

Gráfico 27: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)

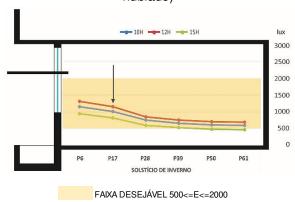
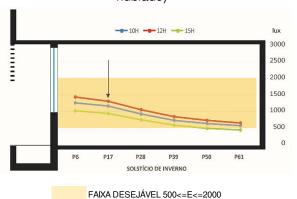


Gráfico 28: Decaimento da luz, M1B, Sul,
Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente
nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO ORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P6

P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
-12%	-26%	-11%	-7%	-4%
-12%	-25%	-11%	-7%	-3%
-13%	-27%	-11%	-7%	-3%
	-12% -12%	-12% -26% -12% -25%	-12% -26% -11% -12% -25% -11%	-12% -25% -11% -7%

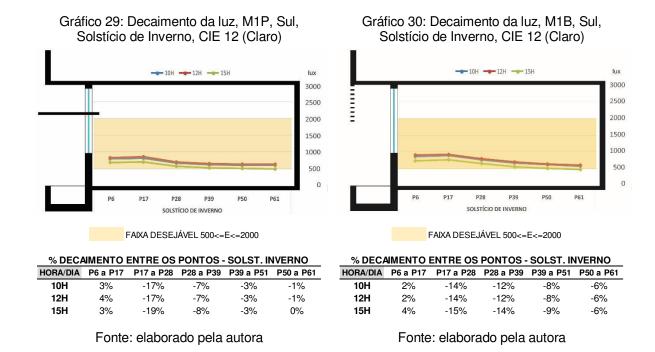
Fonte: elaborado pela autora

 % DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

 10H
 -8%
 -20%
 -20%
 -14%
 -10%

			0		
10H	-8%	-20%	-20%	-14%	-10%
12H	-8%	-20%	-19%	-14%	-10%
15H	-8%	-21%	-21%	-15%	-10%

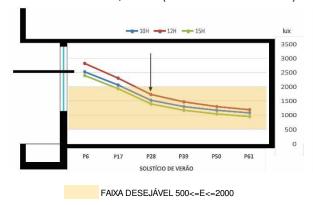


Os gráficos de 31 a 34 apresentam o comportamento dos modelos no **Solstício de Verão**, **Sul**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), onde é possível verificar que ambos modelos obtiveram iluminâncias acima da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) próximo às aberturas, contudo, em ambas as condições de céu, o modelo **M1P** (balcão com prateleiras de luz) permitiu valores de iluminância mais próximos da faixa desejável, o que pode ocasionar maior conforto ao usuário.

É possível verificar que ambos modelos apresentaram iluminâncias dentro da faixa alvo nos pontos mais distante da abertura, o que permitirá o uso de luz natural nos espaços mais profundos do ambiente. Mesmo ambos modelos permitirem iluminâncias elevadas próximas às aberturas, o modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz), proporciona dados inferiores nessa região e permite maior estabilidade da curva nos pontos mais distante da fonte de luz natural, proporcionando maior conforto visual. Vale destacar também que para *céu claro* (CIE 12), o modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz) apresentou menor amplitude de iluminação, quando comparado a iluminância no mesmo ponto em horários diferentes, proporcionando maior conforto ao usuário.

Gráfico 31: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)

Gráfico 32: Decaimento da luz, M1B, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



		-	■ 10H ■	12H 1	БН		lux
-	-						3500
E -							3000
	0	1					2500
-		-					2000
			1	-			1500
4				_		=======================================	1000
							500
	P6	P17	P28	P39	P50	P61	
				DE VERÃO			

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61 -26% -14% 12H -18% -25% -15% -11% -9% 15H -20% -27% -16% -12% -8%

-17% -23% -23% -17% -14% -15% -23% -23% -18% -13%

Fonte: elaborado pela autora

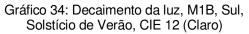
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

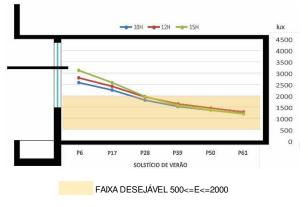
HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61

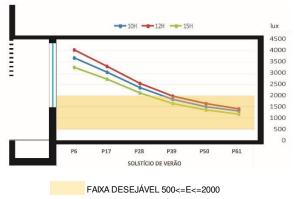
12H

15H

Gráfico 33: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)







% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO									
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61				
10H	-13%	-20%	-16%	-11%	-11%				
12H	-13%	-20%	-16%	-12%	-11%				
15H	-18%	-23%	-20%	-14%	-12%				

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERAO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-17%	-23%	-22%	-17%	-13%		
12H	-18%	-23%	-22%	-17%	-14%		
15H	-16%	-23%	-22%	-17%	-13%		

Fonte: elaborado pela autora

Fonte: elaborado pela autora

Conclui-se que no modelo **M1B** (balcão com brises), em ambas as condições de céu, nas épocas e horários testados, as iluminâncias próximas às aberturas são mais elevadas, indicando maior contraste e ocasionando desconforto visual. O modelo **M1P** (balcão com prateleiras de luz) permitiu iluminâncias inferiores próximas às aberturas, principalmente para *céu claro* (CIE 12), no Solstício de Verão, possivelmente em função dos elevados ângulos solares dessa época do ano. Excetua-se dessa afirmação ambos modelos quando orientados para Sul, no Solstício de Inverno, os quais apresentaram iluminâncias dentro do intervalo útil e com menores reduções da iluminação entre os

pontos, o que ocasionará maior estabilidade da luz no ambiente interno e maior conforto visual para os usuários.

Verificou-se ainda que no modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz), apesar das iluminâncias não serem tão elevadas quando comparado ao modelo **M1B** (balcões com brises), apresenta maior decaimento da luz próximo da abertura, o que poderá ocasionar perturbação visual para quem se localiza nessa região. Por outro lado, nos pontos mais distantes da fonte de luz, a prateleira permitiu maior estabilidade da iluminância no ambiente interno, com menores decaimentos da iluminância entre os pontos de medição, o que irá ocasionar menor contraste e também maior conforto visual ao usuário. Já no modelo **M1B** (balcões com brises), mesmo as iluminâncias apresentando-se mais elevadas próximas às aberturas, a curva de decaimento neste modelo foi mais equilibrada, com deflexões menos acentuadas entre os pontos, o que poderá proporcionar uma luz mais estável no ambiente interno.

O quadro 10 ilustra o desempenho dos modelos, onde se verificou a quantidade de pontos da malha que permaneceram dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx). É possível notar que a luz natural permaneceu na faixa alvo, em maior parte, no Solstício de Inverno, destacando-se o modelo **M1P** (balcão com prateleiras de luz), o que permitirá maior conforto ao usuário por este modelo. Destaca-se que o modelo **M1B** (balcão com brises) obteve menos de 50% dos pontos dentro do intervalo alvo quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), Sul.

MODELOS

SOLST. INVERNO
CIE 7

CIE 12

N S N S N S N S

SITUAÇÃO DESEJÁVEL
SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 10: Performance dos modelos M1P e M1B na análise de Percentual das UDI

Fonte: elaborado pela autora

Resume-se o desempenho dos modelos através do quadro 11, onde, no que se refere aos *Percentuais da UDI*, conclui-se que o modelo **M1P** (balcão com prateleira de luz) apresentou os maiores percentuais de iluminância dentro do intervalo *desejável*

(500≤E≤2000lx) para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), o que permitirá a utilização da luz natural no ambiente interno na maior parte do ano. O modelo **M1B** (balcão com brises) permitiu iluminância superior na faixa alvo somente quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3).

Com relação à *Iluminância*, ambos modelos obtiveram desempenho equivalente quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7). Nas condições de *céu claro* (CIE 12), houve maior variação do comportamento do modelo **M1B** (balcão com brises), principalmente para Norte, que apresentou menos de 50% dos pontos dentro do intervalo alvo, podendo haver prejuízo aos usuários.

Na avaliação da "Uniformidade", o modelo M1P (balcão com prateleiras de luz) permitiu maiores condições de uniformidade no ambiente interno, principalmente quando orientado para Sul. Já o modelo M1B (balcão com brises) não atuou positivamente nesse aspecto, apresentando, de forma geral, os menores percentuais de uniformidade no ambiente interno.

Quanto ao "Decaimento da Luz Natural", verifica-se que a iluminância interna permaneceu na faixa alvo, em grande parte, no modelo M1P (balcão com prateleiras de luz), principalmente no Solstício de Inverno. Contudo, nota-se que a maioria das situações analisadas se apresentou como "aceitável", o que demonstra possível desconforto ao usuário na utilização do espaço interno. O modelo M1B (balcão com brises), ainda, obteve o menor percentual de pontos dentro do intervalo alvo quando orientado para Sul, no verão.

PERCENTUAL DAS UDI ILUMINÂNCIA DECAIMENTO DA LUZ NATURAL EQUINÓCIOS SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO SOLST, INVERNO SOLST, VERÃO CIE 12 CIE 7 CIE 12 MODELOS N S L O N S L O N S L O N S L O N S L O N S N S N S N S N S N S N S N S N S N S N S SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 11: Síntese das análises dos modelos M1P e M1B

4.2 Análise dos modelos M2P e M2B: sem balcão refletor, associados a prateleiras de luz e aos brises

Neste item são representados os modelos analisados: modelos **M2P**, modelo <u>sem</u> balcão, associado a prateleiras de luz (figura 35); e **M2B**, modelo <u>sem</u> balcão, associado aos brises (figura 36).

Figura 35: Modelo M2P_int

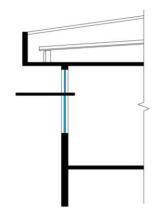
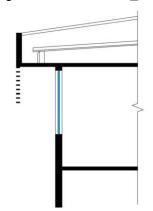


Figura 36: Modelo M2B int



Fonte: elaborado pela autora

Fonte: elaborado pela autora

4.2.1 Percentuais das UDIS

Analisando a quantidade de vezes no ano em que as iluminâncias permaneceram dentro do intervalo da UDI, verifica-se, através dos gráficos 35 a 38 que, quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3), o modelo **M2B** (sem balcão, com brises) apresentou melhor desempenho para todas as orientações, pois obteve percentual 7,6% superior dentro da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx). Verifica-se também que nessa condição de céu, se obteve elevado percentual na faixa *aceitável* (100≤E≤500lx), o que acarretará uso de iluminação artificial complementar em grande parte do ano.

Sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12) (gráfico 35 a 38) é possível observar que o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) permaneceu dentro da faixa alvo (500≤E≤2000lx) na maior parte do ano para todas as orientações, o que representa possibilidade de utilização do espaço interno com luz natural sem necessidade de iluminação complementar. Esse mesmo modelo (**M2P**) também apresentou os menores percentuais de luz *excessiva* (E<2000lx), principalmente quando orientado para Sul.

Gráfico 35: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M2P e M2B

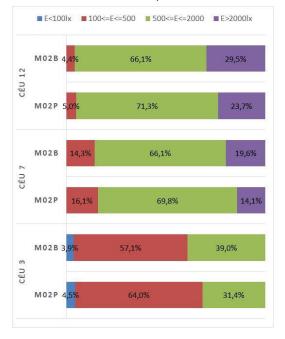
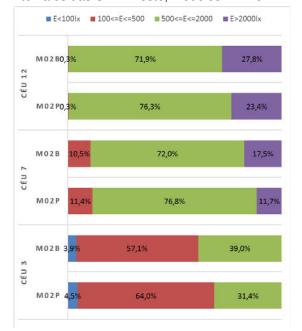


Gráfico 37: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M2P e M2B



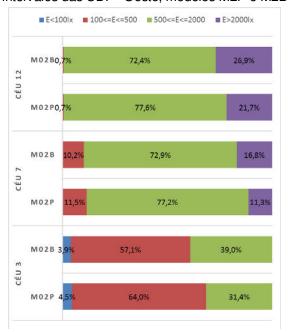
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 36: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M2P e M2B



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 38: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M2P e M2B



Fonte: elaborado pela autora

O quadro 12 apresenta o resumo do desempenho dos modelos em função dos percentuais das UDI. Analisando a faixa de iluminância *desejável* (500≤E≤2000lx), conclui-se que ambos modelos apresentaram percentuais elevados neste intervalo quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), para

todas as orientações. O modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) apresentou os maiores percentuais anuais. Já nas condições de *céu encoberto* (CIE 3), ambos modelos permitiram percentuais indesejáveis, ou seja, inferiores a 50%. O modelo **M2B** (sem balcão, com brises) apresentou percentuais superiores, para todas as orientações. Esta condição de céu permitiu maiores percentuais na faixa *"aceitável* (100≤E≤500lx), o que acarretará uso de iluminação artificial complementar no ambiente interno. A orientação Norte apresentou os menores percentuais dentro da faixa alvo.

MODELOS

CIE 3

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

SITUAÇÃO DESEJÁVEL

SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

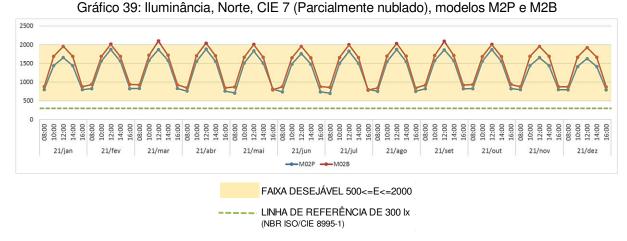
SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 12: Desempenho dos modelos M2P e M2B na análise de Percentual das UDI

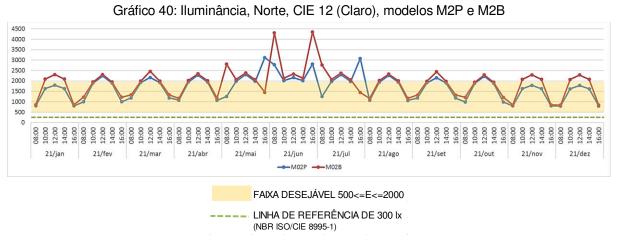
Fonte: elaborado pela autora

4.2.2 Iluminância

Complementado a analise anterior, o gráfico 39 apresenta o comportamento anual dos modelos para a orientação **Norte**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7). Verifica-se que os valores obtidos permaneceram dentro da faixa alvo durante todo o ano e, consequentemente acima dos 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), o que permitirá o uso da luz natural no ambiente interno sem necessidade de complementação com iluminação artificial. O modelo **M2B** (sem balcão, com brises) apresentou valores mais elevados, principalmente nos meses mais quentes.



Sob condições de *céu claro* (CIE 12), **Norte**, (gráfico 40), nota-se uma variação da iluminância nos meses mais frios, com valores excessivos em ambos modelos, provavelmente em função dos baixos ângulos solares. Os valores permaneceram elevados durante todo o ano, principalmente entre 10h e 14h, o que pode ocasionar ofuscamento ou aumento da condição térmica no ambiente interno, contudo, permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Excetua-se dessa afirmação o modelo **M2P** (balcão com prateleiras de luz), que nos meses mais quentes manteve-se abaixo dos 2000lx em todo o intervalo de horas do dia analisados.



Fonte: elaborado pela autora

Para **Sul**, nota-se, através do gráfico 41, comportamento semelhante entre os modelos analisados. É possível observar que sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) ambos permaneceram na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) ao longo do ano, com exceção das primeiras e últimas horas do dia nos meses de inverno, que se

apresentaram inferiores, porém, acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Destaca-se o comportamento do modelo M2B (balcão com brises) no verão, que permitiu iluminâncias mais elevadas.

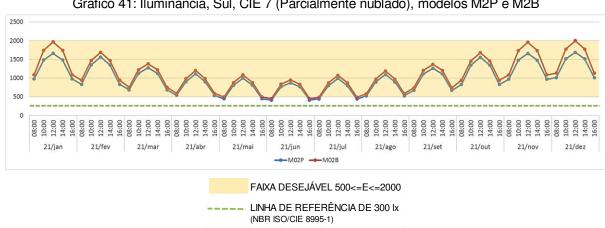
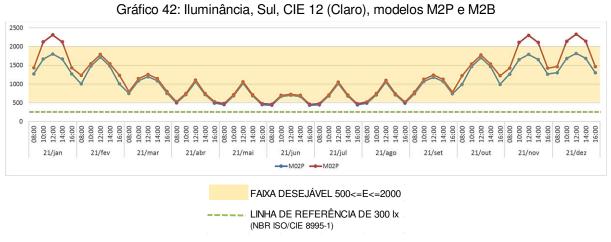


Gráfico 41: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M2P e M2B

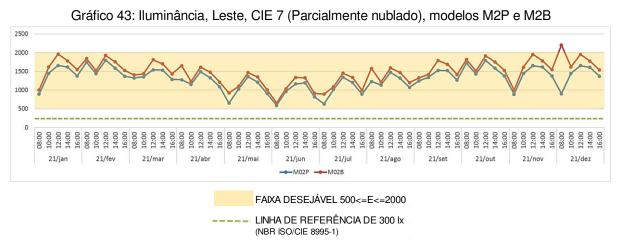
Fonte: elaborado pela autora

Sob condições de *céu claro* (CIE 12), **Sul** (gráfico 42), há excesso de iluminância interna nos meses mais quentes proporcionado pelo modelo M2B (sem balcão, com brises), o que pode gerar desconforto ao usuário. Contudo, por se tratar de um ambiente escolar, esse aumento ocorre no período de recesso, onde há reduzida utilização do espaço. Ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



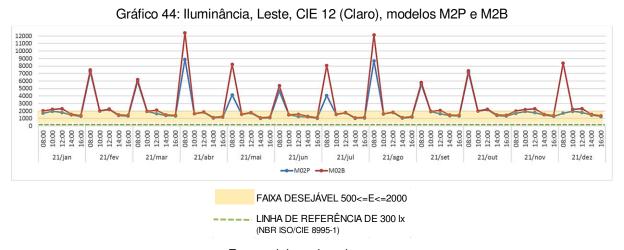
Fonte: elaborado pela autora

O gráfico 43 ilustra o desempenho dos modelos para a orientação **Leste**, guando sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7). Nota-se que há uma variabilidade no comportamento da luz no ambiente interno para ambos modelos, o que poderá ocasionar menor estabilidade da luz e, consequentemente, maior desconforto ao usuário. Porém, apesar da inconstância apresentada, os modelos permaneceram dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) ao longo do ano e, consequentemente, acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). O modelo **M2B** (sem balcão, com brises) obteve os maiores índices de iluminância, apresentando, inclusive, um pico de iluminância às 8h do mês de dezembro que excedeu os 2000lx.

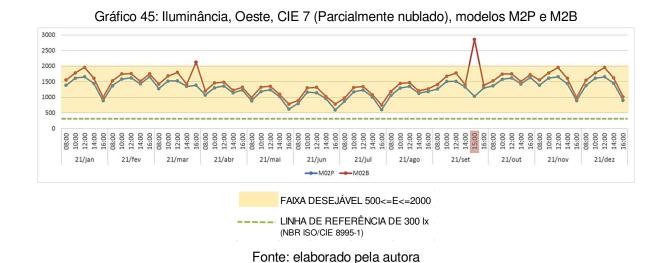


Fonte: elaborado pela autora

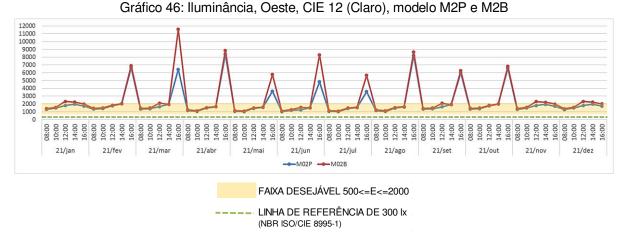
Nas condições de *céu claro* (CIE 12), **Leste**, verificam-se picos de iluminância entre fevereiro e outubro, período este de maior utilização do espaço escolar, (gráfico 44). Essa ocorrência se deu, provavelmente, em função dos baixos ângulos solares obtidos nesta orientação. Verifica-se também que o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) se manteve na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) nos meses mais quentes, porém, nessa época do ano, a utilização do espaço escolar é reduzida. Ambos modelos permaneceram acima do limite de 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT,2013).



Quando orientados para **Oeste** (gráfico 45), sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), apesar da variabilidade da luz natural no ambiente interno, os modelos permaneceram no intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) ao longo de todo o ano, assim como acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), com as maiores iluminâncias sendo apresentadas pelo modelo **M2B** (sem balcão, com brises), principalmente às 12h. Esse modelo, inclusive, apresentou um pico de iluminância às 16h em março, excedendo os 2000lx da faixa alvo. Contudo, esse fato foi revisado para o mês de setembro, que possui a mesma trajetória solar, onde se constatou o mesmo excesso de iluminância, porém ocorrendo às 15h, como é possível verificar em destaque no gráfico a seguir.



Já no gráfico 46, **Oeste**, sob condições de *céu claro* (CIE 12), foram obtidas iluminâncias excessivas (E<2000lx) às 16h, possivelmente em função da parcela de luz direta proveniente desta orientação. Esses picos de iluminância foram obtidos nos meses entre fevereiro e novembro, referente ao período de maior utilização das salas de aula, o que poderá gerar desconforto ao usuário. Nos meses mais quentes, para ambos modelos, não foram apresentaram picos excessivos em todo o intervalo de horas do dia, contudo, nesse período do ano há pouca utilização do espaço em função do recesso escolar. Ambos modelos permaneceram acima do limite de 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Em linhas gerais, pode-se concluir que os modelos permaneceram dentro da faixa desejável (500≤E≤2000lx) e, consequentemente, acima dos 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), em todas as orientações analisadas. Dentre ambos, o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) apresentou o melhor desempenho, permanecendo dentro da faixa alvo na maior parte das análises, além de ter obtido iluminâncias inferiores. O modelo **M2B** (sem balcão, com brises) permaneceu no intervalo desejado somente quando orientado para Sul, no Solstício de Inverno, sob condições de *céu claro* (CIE 12), apresentando, ainda, "situação indesejável" quando orientado para Norte.

Ressalta-se que quando em condições de *céu claro* (CIE 12), ocorreram iluminâncias excessivas ao longo do ano para ambos modelos.

O quadro 13 apresenta um resumo do comportamento dos modelos analisados.

MODELOS

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

SITUAÇÃO DESEJÁVEL

SITUAÇÃO ACEITÁVEL

SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 13: Desempenho dos modelos M2P e M2B na análise de Iluminância

4.2.3 Uniformidade

De forma a verificar a uniformidade da luz natural na sala de aula, os gráficos 47 e 48 ilustram os percentuais obtidos pelos modelos analisados. É possível observar, através do gráfico 47, que o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) permitiu percentuais elevados de uniformidade em grande parte das variáveis analisadas. Nos Equinócios e Solstício de Inverno, em ambas condições de céu, o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) apresentou percentual acima de 60%, mas somente quando orientado para Sul. No Solstício de Verão o modelo permitiu percentual próximo do mínimo recomendado quando orientado para Norte, em ambas condições de céu.

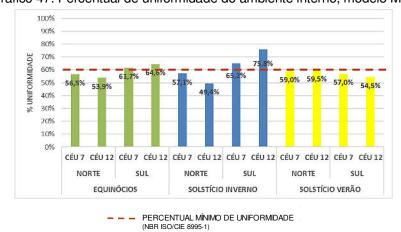


Gráfico 47: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M2P

Fonte: elaborado pela autora

O modelo **M2B** (sem balcão, com brises) também alcançou os percentuais recomendados nos Equinócios e Solstício de Verão, quando orientado para Sul, como é possível verificar através do gráfico 48, porém, somente quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), o que demonstra menor potencial de distribuição da luz no ambiente interno. Vale ressaltar que esse modelo permitiu menores percentuais de uniformidade.

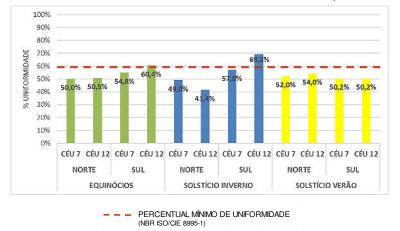


Gráfico 48: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M2B

Conclui-se que a maior contribuição para o aumento da uniformidade no ambiente interno foi apresentada pelo modelo **M2P** (sem balcão, com brises), o que permitirá maior conforto visual no ambiente interno. O modelo **M2B** (sem balcão, com brises) apresentou percentuais inferiores, o que demonstra menor contribuição do modelo neste quesito (quadro 14). Deve-se ressaltar que, da inexistência dos balcões refletores nos modelos aqui analisados, o comportamento da luz natural no ambiente interno foi resultado da influência das prateleiras de luz e brises.

EQUINÓCIOS SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO **MODELOS** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** S Ν S Ν S S Ν N S Ν Ν S M02P SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 14: Desempenho dos modelos M2P e M2B na análise da Uniformidade

Fonte: elaborado pela autora

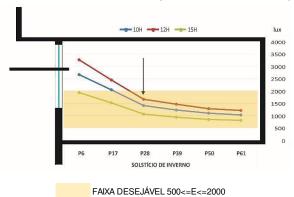
4.2.4 Análise do decaimento da luz natural

Ao analisar os gráficos 49 a 52, que demonstra a curva de decaimento da luz natural para **Norte**, no **Solstício de Inverno**, é possível verificar que ambos modelos apresentaram iluminâncias excessivas próximas às aberturas em ambos os céus analisados, o que poderá ocasionar aumento da condição térmica e desconforto visual. Da mesma maneira, os modelos obtiveram iluminâncias dentro da faixa alvo na região

mais distante das aberturas, o que irá suprir as necessidades do usuário. O modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz), quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), apresentou índices inferiores próximo às janelas, com a curva de iluminância das 15h se mantendo dentro do intervalo alvo.

Analisando o comportamento das curvas de iluminância, é possível verificar que, para ambos céus, houve uma redução em torno de 50% da iluminância próximo às aberturas (entre P17 - 1,50m da abertura — e P28 - 2,40m da abertura) no modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz), como é possível observar através da seta indicativa no gráfico, o que poderá ocasionar perturbação visual em função das variações da luz nessa região da sala de aula. Contudo, pode-se notar também que esse mesmo modelo permitiu uma permanência dos índices de iluminância na região mais distante das aberturas, com baixas reduções entre os pontos, o que proporcionará conforto ao usuário. Já o modelo **M2B** (sem balcão, com brises) permitiu maior prolongamento da luz excessiva no ambiente interno, contudo, possibilitou uma iluminância mais equilibrada entre os pontos.

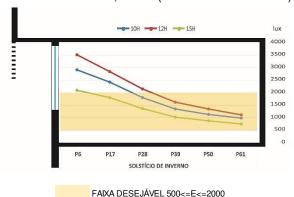
Gráfico 49: Decaimento da luz, M2P, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-23%	-31%	-14%	-10%	-6%		
12H	-25%	-32%	-13%	-12%	-6%		
15H	-22%	-30%	-13%	_80/_	-5%		

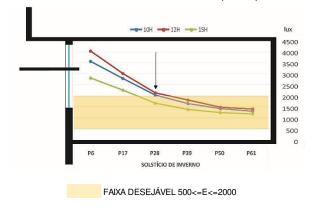
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 50: Decaimento da luz, M2B, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



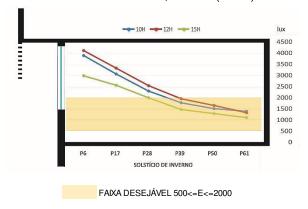
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO						
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61	
10H	-17%	-25%	-25%	-17%	-13%	
12H	-19%	-24%	-25%	-17%	-17%	
15H	-14%	-24%	-25%	-15%	-14%	

Gráfico 51: Decaimento da luz, M2P, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-22%	-27%	-20%	-13%	-8%		
12H	-25%	-29%	-15%	-18%	-6%		
15H	-20%	-26%	-17%	-11%	-5%		

Gráfico 52: Decaimento da luz, M2B, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO						
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61	
10H	-22%	-25%	-23%	-15%	-8%	
12H	-19%	-24%	-23%	-16%	-19%	
15H	-14%	-23%	-27%	-12%	-13%	

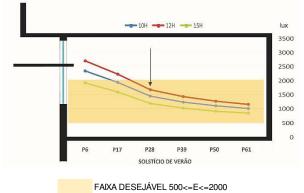
Fonte: elaborado pela autora

Analisando os gráficos 53 a 56, referentes ao **Solstício de Verão**, **Norte**, é possível observar que o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) permitiu menor entrada de luz excessiva próximo às aberturas, para ambas condições de céu, ao contrário do apresentado pelo modelo **M2B** (sem balcão, com brises), que obteve índices acima dos 2000lx do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), principalmente às 10h e 12h. Vale destacar que, em função da elevada inclinação solar dessa época do ano, o excesso de luz no ambiente interno ocorreu, possivelmente, por reflexão. Na região mais distante das aberturas, ambos modelos permaneceram dentro da faixa alvo e acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

Com relação ao comportamento da curva de decaimento, o modelo M2P (sem balcão, com prateleiras de luz) apresentou iluminâncias inferiores próximas às aberturas nas condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), o que poderá gerar maior conforto ao usuário. Quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), este mesmo modelo permitiu reduções mais suaves entre os pontos, além de permitir maior equilíbrio da luz natural no espaço interno. Nota-se também que no modelo M2B (sem balcão, com brises) apesar das iluminâncias excessivas obtidas próximas das aberturas, os percentuais de decaimento entre os pontos foram menores, o que permitirá uma luz mais estável no ambiente interno.

Gráfico 53: Decaimento da luz, M2P, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)

Gráfico 54: Decaimento da luz, M2B, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



	~						350
		\					300
		1					250
•	_		1				200
			1	1			150
	Ę.			-	=	-	100
							0.000
							50
	P6	P17	P28	P39	P50	P61	
	P6	P17	P28 SOLSTÍCIO		P50	P61	

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-17%	-25%	-14%	-11%	-8%		
12H	-17%	-25%	-15%	-11%	-9%		
15H	-17%	-25%	-14%	-10%	-8%		

-17% -23% -23% -17% -14% -13% -22% -22% -15% -13%

Gráfico 56: Decaimento da luz, M2B, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)

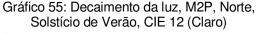
Fonte: elaborado pela autora

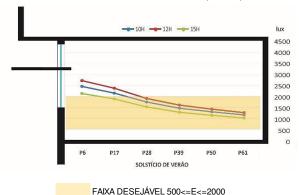
 % DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

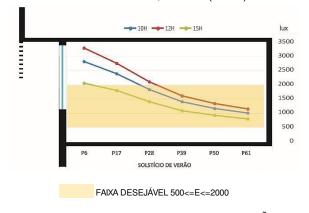
 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

12H

15H







% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-12%	-19%	-16%	-12%	-11%		
12H	-13%	-19%	-16%	-12%	-11%		
15H	120/	100/	169/	120/	100/		

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERAO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-17%	-23%	-23%	-17%	-13%		
12H	-18%	-23%	-23%	-18%	-14%		
15H	-12%	-20%	-19%	-15%	-12%		

Fonte: elaborado pela autora

Fonte: elaborado pela autora

Analisando os modelos para **Sul**, no **Solstício de Inverno**, verifica-se através dos gráficos 57 a 60 que o comportamento da luz natural se apresentou semelhante entre os modelos, para ambas condições de céu, permanecendo dentro da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) ao longo de toda a curva. Com esse resultado, será possível a utilização da luz natural sem necessidade de complementação com luz artificial no interior dos ambientes, além de maior conforto visual para o usuário. Quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), os índices apresentaram-se mais elevados, mas ainda dentro do intervalo alvo.

Gráfico 57: Decaimento da luz, M2P, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)

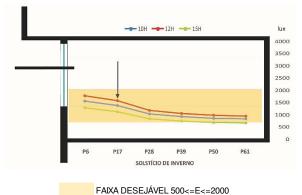
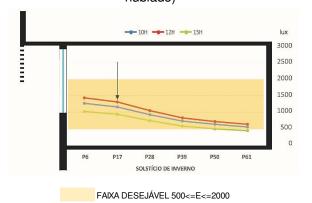


Gráfico 58: Decaimento da luz, M2B, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)

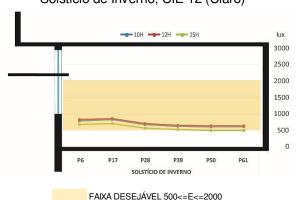


% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-12%	-26%	-11%	-7%	-4%
12H	-11%	-25%	-11%	-7%	-4%
15H	-13%	-27%	-12%	-7%	-4%

r criter classificate pera determ

Gráfico 59: Decaimento da luz, M2P, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



Fonte: elaborado pela	autora

-20%

-22%

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

-20%

-21%

P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61

-13%

-13%

-11%

-12%

HORA/DIA P6 a P17

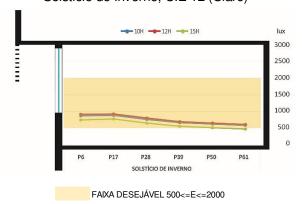
-8%

-8%

10H 12H

15H

Gráfico 60: Decaimento da luz, M2B, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	4%	-17%	-8%	-3%	0%
12H	4%	-17%	-8%	-3%	0%
15H	3%	-19%	-8%	-3%	0%

Fonte: elaborado pela autora

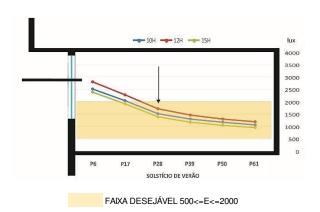
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO					
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	2%	-14%	-13%	-7%	-7%
12H	2%	-14%	-13%	-6%	-7%
15H	4%	-15%	-15%	-7%	-7%

Fonte: elaborado pela autora

Os gráficos 61 a 64 ilustram o comportamento dos modelos para o **Solstício de Verão**, **Sul**, onde é possível observar que ambos modelos obtiveram iluminâncias acima dos 2000lx próximo às aberturas. O modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) permitiu iluminâncias inferiores, o que poderá proporcionar menor contraste no ambiente interno. Os pontos mais distantes da abertura permaneceram no intervalo da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) em ambos modelos, para ambas as condições de céu, sendo que nesta situação a luz natural atenderá às necessidades do usuário nessa região da sala de aula.

Tanto para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) como para *céu claro* (CIE 12), o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz), permitiu maior redução da iluminância próximo às aberturas, contudo, apresentou também deflexão mais acentuada da curva, mais precisamente no ponto P28 (2,40m da abertura). Para o modelo **M2B** (sem balcão, com brises), apesar das reduções entre os pontos serem inferiores, o que poderá proporcionar maior estabilidade da luz no ambiente interno, este modelo permitiu a ocorrência de luz excessiva próximo às aberturas. Vale destacar o comportamento do modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) para *céu claro* (CIE 12), que apresentou valores de iluminância próximos, nos diferentes horários do dia analisados, o que poderá ocasionar maior estabilidade da luz natural no ambiente interno e menor variabilidade visual para o usuário.

Gráfico 61: Decaimento da luz, M2P, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61

10H -19% -26% -14% -11% -8%

-15%

-16%

-11%

-12%

-9%

-8%

-25%

-27%

12H

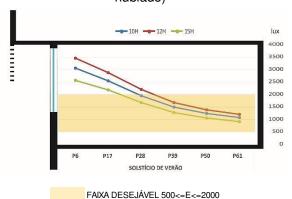
15H

-18%

-20%

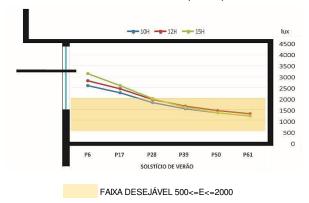
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 62: Decaimento da luz, M2B, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



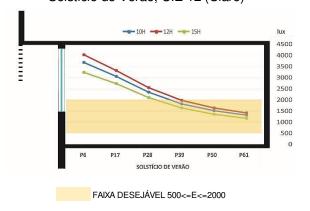
% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 10H -24% -24% -16% -17% -14% 12H -17% -24% -24% -17% -14% 15H -15% -23% -24% -17% -14%

Gráfico 63: Decaimento da luz, M1P, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO									
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61				
10H	-13%	-20%	-16%	-12%	-11%				
12H	-13%	-20%	-16%	-12%	-11%				
15H	-18%	-23%	-20%	-15%	-12%				

Gráfico 64: Decaimento da luz, M1B, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERAO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-17%	-23%	-23%	-17%	-13%			
12H	-18%	-23%	-23%	-18%	-14%			
15H	-16%	-23%	-23%	-17%	-13%			

Fonte: elaborado pela autora

Conclui-se, portanto, que ambos modelos apresentaram iluminâncias elevadas próximas às aberturas, em ambas condições de céu, nas épocas e horários analisados, indicando possibilidade de maior desconforto visual para o usuário. A exceção se deu, para ambos modelos, quando orientados para Sul, no Solstício de Inverno, que apresentou iluminâncias dentro do intervalo útil e com menores reduções entre os pontos, o que ocasionará maior estabilidade da luz no ambiente interno e menor desconforto visual para os usuários.

Foi possível observar também que em grande parte das situações analisadas, o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) permitiu iluminâncias inferiores na região próxima às aberturas, contudo, apresentou reduções elevadas próximo à fonte de luz natural, o poderá gerar ofuscamento e perturbação visual em função do contraste. Em comparação, o modelo **M2B** (sem balcão, com brises) proporcionou uma curva de decaimento com reduções menos acentuadas entre os pontos de medição, o que ocasionará maior conforto para o usuário, porém, as iluminâncias excessivas próximas às aberturas poderão gerar desconforto visual aos usuários.

O quadro 15 apresenta um resumo do desempenho dos modelos, onde é possível notar que o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) permitiu que os pontos de medição permanecessem dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) em grande parte das análises. Vale a pena destacar que o modelo **M2B** (sem balcão, com brises) apresentou maiores iluminâncias na situação *"aceitável"*, obtendo, ainda, menos de

50% dos pontos dentro do intervalo alvo quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), para Sul.

SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO **MODELOS** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** N S Ν S N S N S **M02P** SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 15: Desempenho dos modelos M2P e M2B na análise de Decaimento da Luz Natural

Fonte: elaborado pela autora

Para compreender o desempenho dos modelos, o quadro 16 ilustra o resumo das análises realizadas, onde, no que se refere aos *Percentuais das UDI*, conclui-se que o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) apresentou os maiores percentuais dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), principalmente quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), o que permitirá a utilização da luz natural sem necessidade de complementação com iluminação artificial em grande parte do ano. O desempenho apresentado pelo modelo **M2B** (sem balcão, com brises) permitiu iluminâncias superiores ao modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz) somente quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3), contudo, ambos modelos apresentaram elevado percentual de iluminâncias dentro do intervalo "*aceitável*" (100≤E≤500lx).

Ao se verificar os dados apresentados para as *lluminâncias*, nota-se que o desempenho dos modelos foi semelhante quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), se mantendo assim, em situação "desejável". Para *céu claro* (CIE 12), somente na orientação Sul que os modelos obtiveram índices de iluminância dentro do intervalo alvo.

Na análise de *Uniformidade*, pode-se verificar que o modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz), quando orientado para Sul, alcançou os maiores percentuais de uniformidade no ambiente interno. Vale ressaltar que ambos modelos, quando orientados para Norte, no Solstício de Inverno, apresentaram os menores percentuais de uniformidade no ambiente interno, assim como demonstraram um baixo

desempenho no Solstício de Verão, independente da orientação e tipo de céu. O modelo **M2B** (sem balcão, com brises) alcançou os menores índices nessa análise.

Com relação ao *Decaimento da Luz Natural*, é possível observar que a iluminância interna permaneceu no intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), em sua maioria, pelo modelo **M2P** (sem balcão, com prateleiras de luz), principalmente no Solstício de Inverno. Contudo, grande parte das situações analisadas se mostrou *"aceitável"*, o que demonstra possível desconforto ao usuário na utilização do espaço interno. O modelo **M2B** (sem balcão, com brises) obteve, ainda, o menor percentual de pontos dentro do intervalo alvo no verão, quando orientado para Sul.

PERCENTUAL DAS UDI ILUMINÂNCIA DECAIMENTO DA LUZ NATURAL SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO SOLST. INVERNO (500≤E≤2000I (500≤E≤2000lx) EQUINÓCIOS SOLST, VERÃO CIE 12 CIE 12 CIE 7 CIE 12 CIE 7 CIE 12 CIE 7 CIE 12 CIE 7 CIE 7 CIE 12 MODELOS N S SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 16: Síntese das análises dos modelos M2P e M2B

Fonte: elaborado pela autora

4.3 Análise dos modelos M3P e M3B: balcão refletor inclinado 30° para a área interna, associados a prateleiras de luz e brises

Neste item são representados os modelos analisados: **M3P_int**, modelo com balcão inclinado 30° para a área interna, associado a prateleiras de luz (figura 37); e **M3B_int**, modelo com balcão inclinado 30° para a área interna, associado aos brises (figura 38).

Figura 37: Modelo M3P_int

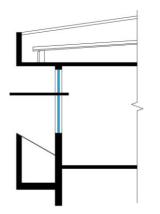
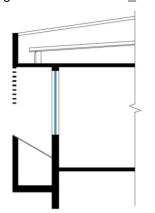


Figura 38: Modelo M3P_int



Fonte: elaborado pela autora

4.3.1 Percentuais das UDIS

Ao analisar os percentuais de iluminância dentro dos intervalos da UDI (*Useful Daylight Illuminance*) através dos gráficos 65 a 68, pode-se observar que para *céu encoberto* (CIE 3) o modelo **M3B_int** (balcão com brises) apresentou maior percentual na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), estando 8,4% superior ao modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz) em todas as orientações, o que mostra menor necessidade de complementação com iluminação artificial para este modelo. Não foi apresentada iluminância excessiva nessa condição de céu.

Para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), em todas as orientações, o modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz) obteve maiores percentuais dentro do intervalo alvo, permanecendo, em média, 3,7% superior ao modelo **M3B_int** (balcão com brises), o que permitirá maior utilização da luz natural sem necessidade de iluminação complementar. Ainda, o modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz) apresentou percentuais inferiores de luz *excessiva* (E<2000lx) para todas as orientações, possibilitando menor ocorrências de ofuscamento no ambiente interno.

Gráfico 65: Percentuais de iluminância dos intervalos da UDI - Norte, modelos M3P_int e M3B int



Gráfico 67: Percentuais de iluminância dos intervalos da UDI - Leste, modelos M3P_int e M3B int



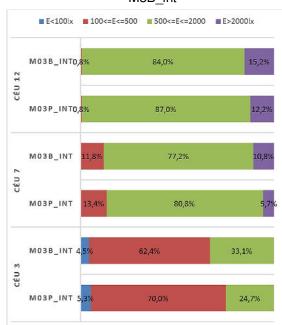
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 66: Percentuais de iluminância dos intervalos da UDI - Sul, modelos M3P_int e M3B int



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 68: Percentuais de iluminância dos intervalos da UDI - Oeste, modelos M3P_int e M3B int



Fonte: elaborado pela autora

O quadro 17 ilustra o desempenho dos modelos para esta análise, onde é possível observar que ambos apresentaram percentuais considerados *"indesejáveis"*, ou seja, com menos de 50% pontos dentro do intervalo alvo quando sob condições de *céu*

encoberto (CIE 3). Para este céu, o modelo M3B_int (balcão com brises) apresentou percentuais mais elevados dentro da faixa alvo. Os resultados obtidos para céu parcialmente encoberto (CIE 7) e céu claro (CIE 12) mostraram comportamentos equivalentes entre os modelos, entretanto, o modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) permitiu percentuais superiores em todas as orientações, o que possibilitará maior tempo de utilização do espaço interno sem a necessidade de complementação com iluminação artificial. Dentre as orientações analisadas, os menores percentuais dentro do intervalo alvo foram obtidos na orientação Norte.

MODELOS

CIE 3

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

SITUAÇÃO DESEJÁVEL
SITUAÇÃO INDESEJÁVEL
SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 17: Performance dos modelos M3P int e M3B int na análise de Percentual das UDI

Fonte: elaborado pela autora

4.3.2 Iluminância

O gráfico 69 demostra o comportamento anual para **Norte**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), onde é possível verificar que ambos modelos permaneceram no intervalo alvo ao longo do ano, assim como acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). O modelo **M3B_int** (balcão com brises) apresentou iluminâncias superiores.

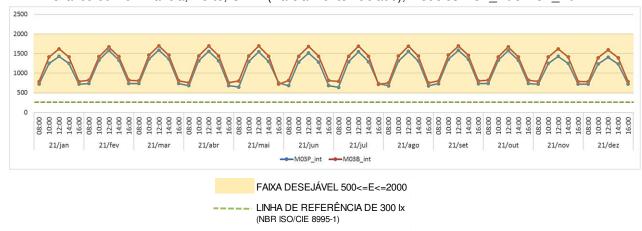
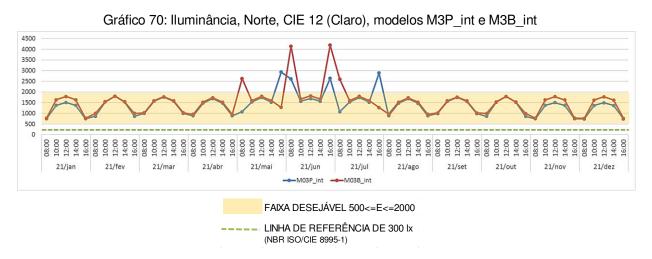


Gráfico 69: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M3P_int e M3B_int

Nas condições de *céu claro* (CIE 12), **Norte**, (gráfico 70), os modelos apresentaram variação da luz interna no inverno, com iluminâncias excessivas nesse período, possivelmente em função dos ângulos solares dessa época do ano, o que poderá ocasionar ofuscamento no ambiente interno. O modelo **M3B_int** (balcão com brises), apresentou índices elevados também no verão. No restante do ano, ambos modelos permaneceram na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), assim como acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

Quando orientados para **Sul**, *céu parcialmente nublado* (CIE 7), os modelos apresentaram comportamento anual dentro da faixa alvo e acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Novamente o modelo **M3B_int** (balcão com brises) apresentou iluminâncias superiores (gráfico 71).

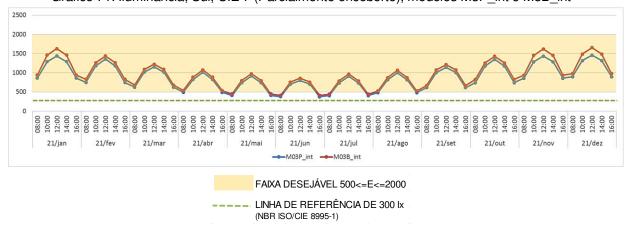


Gráfico 71: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente encoberto), modelos M3P_int e M3B_int

É possível perceber pelo gráfico 72 que, sob condições de céu claro (CIE 12), Sul, os modelos obtiveram comportamento semelhante entre fevereiro e outubro, com o modelo M3B_int (balcão com brises) apresentando índices mais elevados de iluminância no verão, mas ainda dentro da faixa desejável (500≤E≤2000lx) e acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

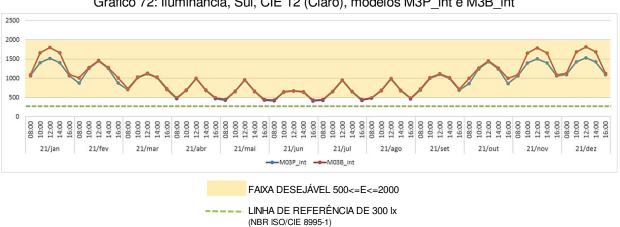


Gráfico 72: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M3P int e M3B int

Fonte: elaborado pela autora

Para Leste, céu parcialmente nublado (CIE 7) (gráfico 73), é possível observar uma variabilidade da luz ao longo do ano, mas que se mantém dentro do intervalo alvo. O modelo M3B int (balcão com brises) apresentou as maiores iluminâncias, com um pico em dezembro, às 8h, excedendo os 2000lx. Ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

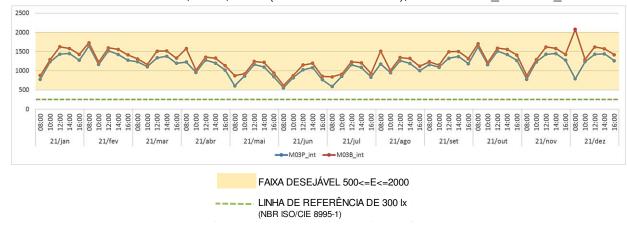


Gráfico 73: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M3P_int e M3B_int

O gráfico 74 apresenta os dados para **Leste**, sob condições de *céu claro* (CIE 12), onde é possível notar que os modelos apresentaram altos índices de iluminância entre fevereiro e outubro, período de maior utilização do espaço escolar. Essa ocorrência se deu, possivelmente, em função da radiação solar direta obtida nesta orientação, visto que o dimensionamento dos brises e prateleiras bloqueiam a luz direta do sol somente após às 8h. Vale destacar que o modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) se manteve dentro da faixa alvo no verão, não apresentando iluminâncias excessivas às 8h, entretanto, nessa época do ano, a utilização do espaço escolar é reduzida.

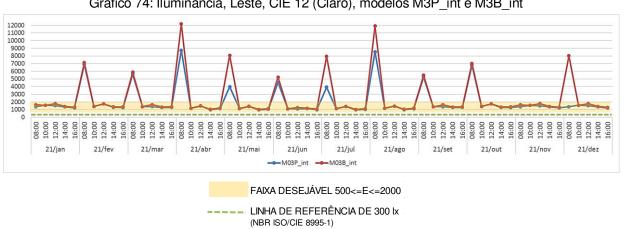
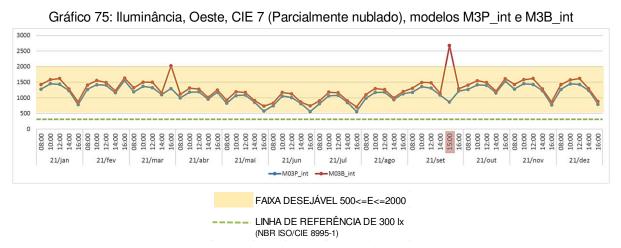


Gráfico 74: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelos M3P_int e M3B_int

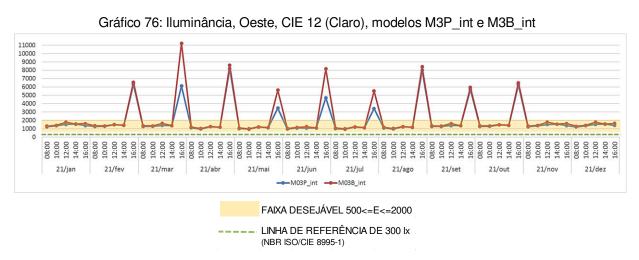
Fonte: elaborado pela autora

Quando orientados para **Oeste**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) (gráfico 75), os modelos apresentaram variabilidade no comportamento da luz ao longo do ano, mas se mantiveram dentro da faixa desejável (500≤E≤2000lx) e, consequentemente, acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Mais uma vez o modelo M3B_int (balcão com brises) obteve as maiores iluminâncias, apresentando ainda um pico de iluminância em março, às 16h. Por setembro ter a mesma trajetória solar de março, se constatou o mesmo excesso de iluminância, porém, ocorrendo às 15h, como é possível verificar em destaque no gráfico a seguir.



Fonte: elaborado pela autora

Sob condições de *céu claro* (CIE 12), **Oeste**, (gráfico 76) foram obtidas iluminâncias excessivas (E<2000lx) entre fevereiro e outubro, no horário das 16h, possivelmente em função da parcela de luz proveniente desta orientação. Este intervalo equivale ao período de maior utilização das salas de aula, o que poderá gerar desconforto no ambiente interno. No verão, ambos modelos se mantiveram na faixa alvo, contudo, há pouca utilização do espaço interno nessa época em função do recesso escolar. Ambos modelos apresentaram iluminâncias acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



De maneira geral, pode-se concluir que os modelos permitiram mais de 75% das iluminâncias dentro do intervalo alvo, para todas as orientações e tipos de céu analisados, como é possível verificar através do quadro 18, caracterizando-se como "situação desejável". Esse comportamento apresenta-se mais evidente quando sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), o que demonstra que ambos dispositivos permitirão a utilização da luz natural no ambiente interno. Já nas condições de céu claro (CIE 12), os modelos excederam os limites do intervalo alvo quando orientados para Norte, Leste e Oeste. Somente quando orientados para Sul, que os modelos permaneceram na faixa alvo ao longo de todo o ano, sem apresentar excessos.

MODELOS

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

SITUAÇÃO DESEJÁVEL

SITUAÇÃO ACEITÁVEL

SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 18: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise de Iluminância

Fonte: elaborado pela autora

4.3.3 Uniformidade

Com relação à uniformidade do ambiente interno, o modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) alcançou o limite mínimo de uniformidade de 0,6 (ou 60%) recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) quando orientado para Sul, nos Equinócios e no Solstício de Inverno, e quando orientado para Norte, no Solstício de Verão, em ambas as condições de céu, o que demonstra potencial por este modelo (gráfico 77). No restante dos resultados apresentados, os percentuais permaneceram acima de 50% de uniformidade, considerado "aceitável".

90% 80% 70% % UNIFORMIDADE 60% 58.7% 57 n% 50% 40% 30% 20% 10% CÉU 7 CÉU 12 CÉU 7 CÉU 12 CÉU 7 CÉU 12 CÉU 7 CÉU 12 CÉU 7 NORTE SUL NORTE SUL NORTE EQUINÓCIOS SOLSTÍCIO INVERNO SOLSTÍCIO VERÃO PERCENTUAL MÍNIMO DE UNIFORMIDADE (NBR ISO/CIE 8995-1)

Gráfico 77: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M3P_int

O modelo **M3B_int** (balcão com brises) apresentou percentuais de uniformidade inferiores quando comparado ao modelo **M3P** (balcão com prateleiras de luz), alcançando o mínimo recomendado somente nos Equinócios e Solstício de Inverno, quando orientado para Sul, sob condições de *céu claro* (CIE 12), como ilustra o gráfico 78.

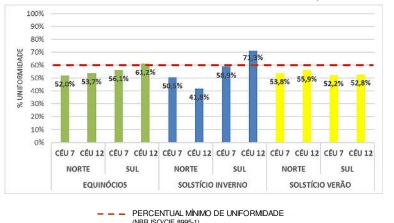


Gráfico 78: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M3B_int

Fonte: elaborado pela autora

Pode-se concluir que o modelo M3B_int (balcão com brises) atingiu os percentuais mínimos de uniformidade em 50% das variáveis analisadas, o que demonstra potencial do modelo neste aspecto, principalmente quando orientado para Sul. Já o modelo M3B_int (balcão com brises) não atuou positivamente nesse aspecto, permitindo iluminâncias inferiores ao longo nas análises (quadro 19).

EQUINÓCIOS SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO **MODELOS** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 N S Ν N S N S N S N S SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 19: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise de Uniformidade

4.3.4 Análise do decaimento da luz natural

Os gráficos 79 a 82 apresentam a curva de decaimento da iluminância interna para **Norte**, no **Solstício de Inverno**. É possível verificar que os modelos apresentaram índices elevados de iluminância próximo às aberturas para ambas as condições de céu, principalmente nos horários das 10h e 12h. Ainda, observa-se que nas condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), às 15h, as iluminâncias permaneceram dentro da faixa alvo para ambos modelos.

No céu parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12), ambos modelos permaneceram no intervalo útil na região mais distante das aberturas, o que indica que a iluminação natural irá suprir as necessidades dos usuários. No modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz), verifica-se um decaimento mais acentuado da iluminação nos pontos mais próximos da abertura, conforme demonstrado no gráfico através da seta indicativa, o que poderá gerar ofuscamento e perturbação visual. No modelo M3B_int (balcão com brises), a curva apresenta deflexões menos acentuadas, gerando menos contrastes. Vale ressaltar o comportamento deste modelo nas condições de céu claro (CIE 12), que apresentou valores de iluminância semelhantes, nos diferentes horários do dia analisados, o que poderá ocasionar maior estabilidade visual para o usuário.

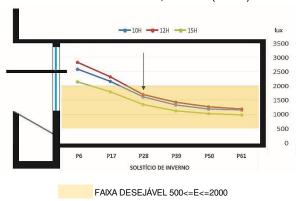
Gráfico 79: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)

10H 12H 15H 1UX
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0

FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO									
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61				
10H	-22%	-30%	-13%	-8%	-3%				
12H	-23%	-31%	-12%	-8%	-5%				
15H	-21%	-30%	-12%	-5%	-6%				

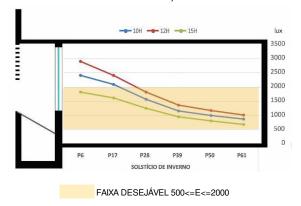
Gráfico 81: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-16%	-25%	-18%	-10%	-4%			
12H	-18%	-27%	-16%	-11%	-6%			
15H	-17%	-24%	-17%	-8%	-6%			

Fonte: elaborado pela autora

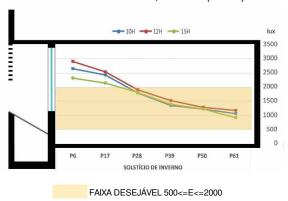
Gráfico 80: Decaimento da luz, M3B_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-13%	-25%	-26%	-13%	-14%			
12H	-17%	-25%	-25%	-15%	-13%			
15H	-12%	-23%	-24%	-14%	-16%			

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 82: Decaimento da luz, M3B_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



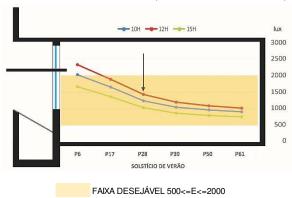
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO									
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61				
10H	-8%	-26%	-25%	-9%	-14%				
12H	-12%	-25%	-20%	-15%	-8%				
15H	-8%	-16%	-23%	-13%	-24%				

Fonte: elaborado pela autora

Analisando os gráficos 83 a 86, correspondentes ao **Solstício de Verão**, **Norte**, é possível verificar que o modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz) apresentou iluminâncias inferiores na região próximo às aberturas em ambas as condições de céu, em comparação ao modelo **M3B_int** (balcão com brises). Vale ressaltar que nos dois modelos, a curva de decaimento obtida às 15h apresentou-se dentro do intervalo alvo, para ambos os céus.

É possível observar pelos gráficos que em ambas condições de céu, os modelos permaneceram dentro do intervalo alvo na região mais distante das aberturas, o que atenderá às necessidades do usuário. Entretanto, nas condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), o modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) apresentou decaimento acentuado próximo às aberturas, o que poderá gerar desconforto em função da variabilidade de luz no ambiente interno. Esse mesmo modelo apresentou uma curva mais equilibrada, quando sob condições de céu claro (CIE 12). O modelo M3B_int (balcão com brises) permitiu iluminâncias excessivas próximas às aberturas, em ambas condições de céu. Contudo, a curva apresentou-se com deflexões menos acentuadas, o que poderá gerar maior conforto ao usuário.

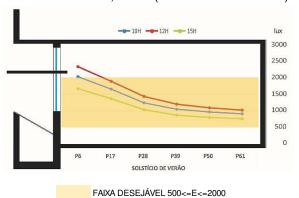
Gráfico 83: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61 -18% -24% -16% 12H -19% -24% -16% -8% -6% 15H -17% -25% -15% -7% -6%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 84: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO									
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61				
10H	-16%	-23%	-24%	-13%	-14%				
12H	-17%	-24%	-24%	-13%	-14%				
15H	-13%	-22%	-23%	-12%	-13%				

Gráfico 85: Decaimento da luz, M3P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)

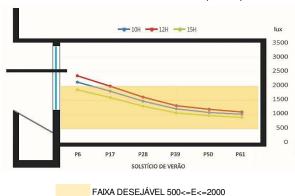
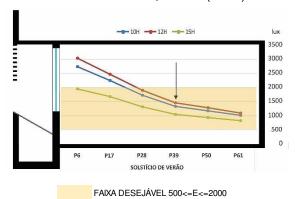


Gráfico 86: Decaimento da luz, M3B_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-15%	-19%	-19%	-10%	-7%
12H	-16%	-19%	-19%	-10%	-8%
15H	-15%	-19%	-19%	-9%	-7%

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-18%	-23%	-23%	-12%	-14%
12H	-19%	-23%	-23%	-12%	-14%
15H	-14%	-21%	-21%	-10%	-13%

Fonte: elaborado pela autora

Fonte: elaborado pela autora

Ao se verificar o comportamento dos dispositivos no **Solstício de Inverno**, **Sul** (gráficos 87 a 90), nota-se que ambos modelos obtiveram iluminâncias dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), o que permitirá a utilização do espaço com luz natural, sem causar desconforto ao usuário. Os modelos quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) apresentaram índices mais elevados próximos às aberturas.

15H

-6%

Gráfico 87: Decaimento da luz, M3P_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)

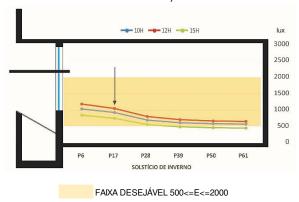
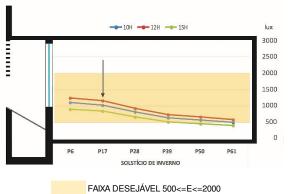


Gráfico 88: Decaimento da luz, M3B_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-11%	-25%	-12%	-4%	-2%
12H	-11%	-24%	-12%	-4%	-3%
15H	-12%	-26%	-12%	-4%	-3%

Fonte: elaborado pela autora

 M DEC≯MENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

 10H
 -7%
 -20%
 -21%
 -10%
 -12%

 12H
 -7%
 -20%
 -21%
 -9%
 -12%

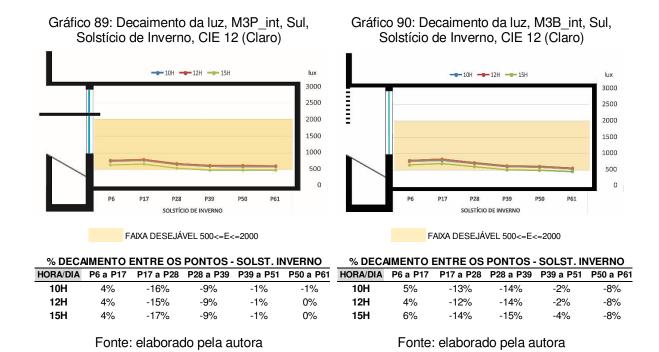
-22%

-11%

-12%

Fonte: elaborado pela autora

-21%

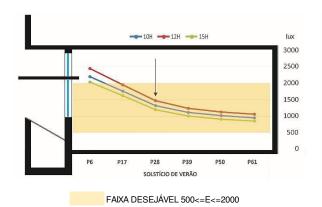


Nos gráficos 91 a 94, referentes ao **Solstício de Verão**, **Sul**, verifica-se que em ambos modelos foram obtidos dados de iluminância acima dos 2000lx próximo às aberturas, para ambos tipos de céu, o que poderá gerar desconforto no ambiente interno. O modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu valores inferiores.

Pode-se observar também que o modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) apresentou deflexão da curva de iluminância na região mais próxima das aberturas, o que pode gerar desconforto e perturbação visual em função da variabilidade da luz no espaço interno. Além disso, esse mesmo modelo permitiu maior estabilidade da iluminância na região mais distante da fonte de luz. Vale a pena ressaltar que, sob condições de *céu claro* (CIE 12), o modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) apresentou índices de iluminância semelhantes nos diferentes horários do dia analisados, não ocasionando, então, contrastes excessivos no espaço interno.

Ao contrário do modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz), o modelo **M3B_int** (balcão com brises) não apresentou reduções acentuadas da curva, permitindo maior equilíbrio nas reduções entre os pontos de medição, o que poderá ocasionar maior conforto no ambiente interno.

Gráfico 91: Decaimento da luz, M3P_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



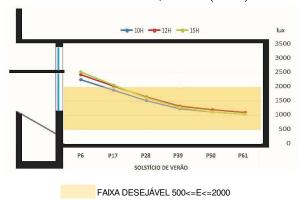
% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO									
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61				
10H	-20%	-25%	-16%	-8%	-6%				
12H	-20%	-24%	-16%	-8%	-6%				

15H

-20%

Fonte: elaborado pela autora

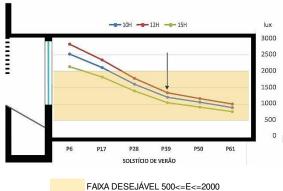
Gráfico 93: Decaimento da luz, M3P_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERAO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-16%	-19%	-19%	-9%	-8%			
12H	-16%	-19%	-19%	-10%	-8%			
15H	-18%	-22%	-21%	-12%	-8%			

Fonte: elaborado pela autora

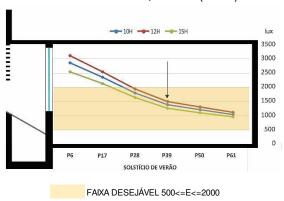
Gráfico 92: Decaimento da luz, M3B_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DEC	CAMENTO	ENTRE O	S PONTOS	- SOLST.	VERÃO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-16%	-24%	-24%	-13%	-14%
12H	-17%	-24%	-24%	-13%	-14%
15H	-15%	-24%	-25%	-13%	-14%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 94: Decaimento da luz, M3B_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DEC	CAIMENTO	ENTRE O	S PONTOS	- SOLST.	VERAO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-18%	-23%	-23%	-12%	-14%
12H	-19%	-24%	-23%	-12%	-15%
15H	-16%	-23%	-23%	-12%	-14%

Fonte: elaborado pela autora

Conclui-se que ambos modelos apresentaram iluminâncias *excessivas* (E<2000lx) próximas às aberturas, em ambas condições de céu, o que poderá gerar aumento da condição térmica interna e ofuscamento. A exceção dá-se para os modelos quando orientados para Sul, no Solstício de Inverno, que permitiram a permanência de toda a curva dentro do intervalo alvo.

Verificou-se também que no modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) houve maior proteção da luz excessiva próximo às aberturas, principalmente sob condições

de *céu claro* (CIE 12), entretanto, ocorreram reduções acentuadas de iluminância, o que poderá gerar perturbação visual em função da variabilidade de luz. Em comparação, o modelo **M3B_int** (balcão com brises) permitiu maior entrada de luz próximo às aberturas, contudo, as reduções de iluminância foram mais equilibradas, possibilitando maior estabilidade da luz e conforto visual para os usuários. O modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu também maior estabilidade da luz nos pontos mais distantes da abertura, o que irá gerar menor contraste para quem se localiza nessa região da sala de aula.

Diante das análises apresentadas, resume-se a performance dos modelos através do quadro 20, onde é possível observar que o modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) possibilitou maior proveito da luz natural, com a maior permanência dos pontos de medição dentro do intervalo alvo. Contudo, vale ressaltar a semelhança dos resultados apresentados pelo modelo M3B_int (balcão com brises), o que demonstra potencial utilização de ambos os dispositivos nas situações analisadas.

SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO **MODELOS** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** Ν S Ν N S N S M03P in SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 20: Desempenho dos modelos M3P_int e M3B_int na análise do Decaimento da Luz Natural

Fonte: elaborado pela autora

Resume-se o desempenho dos modelos através do quadro 21 onde, no que se refere aos *Percentuais das UDI*, pode-se verificar que o modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu maior utilização da luz natural no ambiente interno quando sob *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), apresentando maiores percentuais na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx). O modelo **M3B_int** (balcão com brises) permitiu iluminância superior na faixa alvo somente quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3).

Analisando as *"Iluminâncias"*, verifica-se que ambos modelos, apesar de apresentarem iluminâncias excessivas em determinados períodos do ano, permitiram mais de 75% da

iluminância interna dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), o que possibilitará o aproveitamento da luz natural no ambiente interno.

Ao se avaliar a "Uniformidade", o modelo M3P_int (balcão com prateleiras de luz) permitiu uniformidade da luz no ambiente interno em todos os períodos do ano analisados, com destaque para a orientação Sul, que apresentou melhores condições para a uniformidade da luz interna. Esse comportamento foi obtido para ambos tipos de céu. O modelo M3B_int (balcão com brises) alcançou o limite mínimo em poucas situações, o que demonstra atuação insuficiente do modelo nesse aspecto.

Quanto ao "Decaimento da luz natural", o modelo **M3P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu a maior parte das iluminâncias dentro do intervalo alvo, o que demonstra maior potencial de utilização da luz natural por este modelo. O desempenho do modelo **M3B int** (balcão com brises) foi semelhante.

PERCENTUAL DAS UDI ILUMINÂNCIA **DECAIMENTO DA LUZ NATURAL EQUINÓCIOS** SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO **CIE 12** CIE 7 CIE 12 MODELOS N S L O N S L O N S L O N S L O N S N S N S N S N S N S N S N S N S M03P_int SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 21: Síntese das análises dos modelos M3P_int e M3B_int

Fonte: elaborado pela autora

4.4 Análise dos modelos M4P e M4B: balcão refletor inclinado 30° para a área externa, associados a prateleiras de luz e brises

Neste item são representados os modelos analisados: **M4P_ext**, modelo com balcão inclinado 30° para a área externa, associado a prateleiras de luz (figura 39) e **M4B_ext**, modelo com balcão inclinado 30° para a área externa, associado aos brises (figura 40).

Figura 39: Modelo M4P_ext

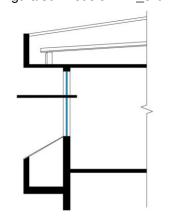
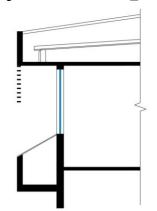


Figura 40: Modelo M4B_ext



Fonte: elaborado pela autora

4.4.1 Percentuais das UDIS

Os gráficos 95 a 98 apresentam os percentuais de pontos dentro dos intervalos da UDI, onde é possível verificar que, quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3), o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) apresentou, para todas as orientações, percentual 8,6% superior de iluminância na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), o que demonstra menor necessidade do uso deste modelo com iluminação artificial complementar. Nessas condições de céu, não ocorreram percentuais dentro da faixa *excessiva* (E<2000lx).

Quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) apresentou percentuais superiores no intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), entre 1,3% e 5%, em todas as orientações, o que permitirá maior utilização da luz natural no ambiente interno, sem a necessidade de iluminação complementar. Esse mesmo modelo obteve percentuais inferiores de luz *excessiva* (E<2000lx), diminuindo problema com ofuscamento ou com aumento da condição térmica interna.

Gráfico 95: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M4P_ext e M4B ext

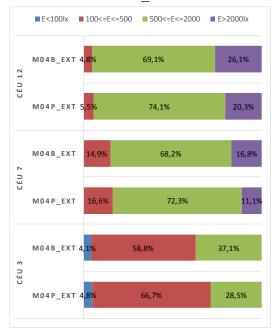
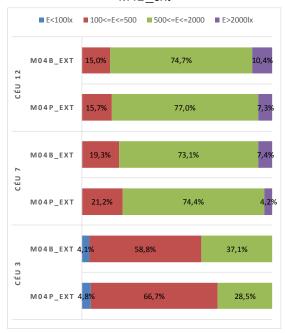


Gráfico 97: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M4P_ext e M4B ext



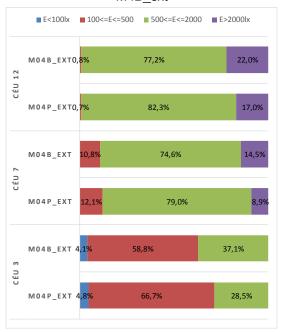
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 96: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M4P_ext e M4B ext



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 98: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M4P_ext e M4B ext



Fonte: elaborado pela autora

É possível concluir que o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) obteve os maiores percentuais de iluminância na faixa alvo, para todas as orientações, quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3). Para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro*

(CIE 12), os resultados entre os modelos foram semelhantes, possibilitando a utilização de luz natural no ambiente interno sem necessidade de iluminação complementar por ambos os dispositivos. O modelo M4P_ext (balcão com prateleiras de luz) obteve melhor performance em todas as orientações. A orientação Norte apresentou os percentuais mais baixos dentre todas as orientações analisadas (quadro 22).

CIE 3 CIE 7 **CIE 12 MODELOS** N S L O NSLONSLO ext M04P M04B ext SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 22: Desempenho dos modelos M4P_ext e M4B_ext na análise de Percentual das UDI

Fonte: elaborado pela autora

4.4.2 Iluminância

De forma a complementar a análise, será demonstrado o comportamento anual dos modelos. Na orientação **Norte**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) (gráfico 99), é possível notar que ao longo do ano os modelos permaneceram dentro da faixa desejável (500≤E≤2000lx) e acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

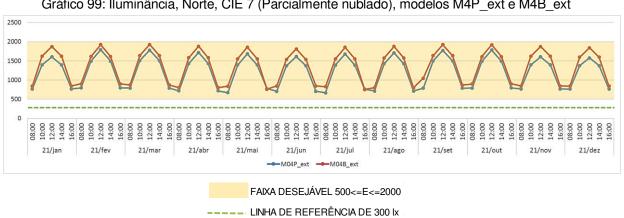
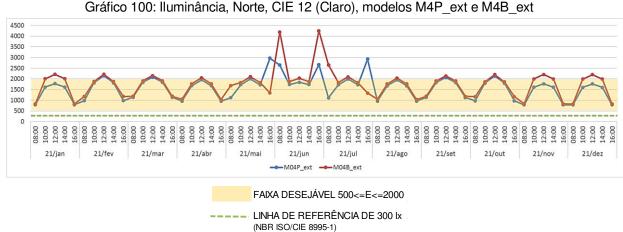


Gráfico 99: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M4P_ext e M4B_ext

Fonte: elaborado pela autora

(NBR ISO/CIE 8995-1)

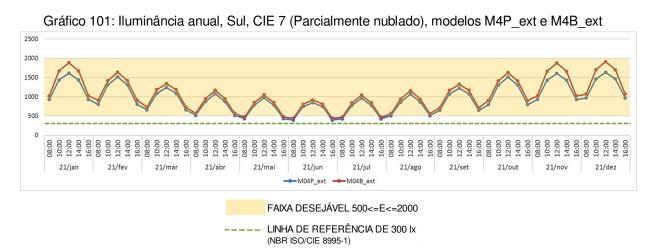
Nas condições de *céu claro* (CIE 12), **Norte**, nota-se pelo gráfico 100 a ocorrência de maior variação da iluminância no inverno, com o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) apresentando índices elevados de luz natural no espaço interno, o que poderá ocasionar desconforto. Esse mesmo modelo apresentou índices acima da faixa alvo no verão, entre 10h e 14h. Já o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz), apesar de apresentar comportamento semelhante, tem maior permanência dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx). Ambos modelos se apresentaram acima do limite de 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



(NBR ISO/CIE 8995-1)

Fonte: elaborado pela autora

O gráfico 101 ilustra o comportamento dos modelos para **Sul**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), onde é possível observar que os modelos permaneceram dentro do intervalo da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), assim como acima dos 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). O modelo **M4B_ext** (balcão com brises) apresentou valores mais elevados.



Fonte: elaborado pela autora

Nas condições de *céu claro* (CIE 12), **Sul**, (gráfico 102) é possível observar que o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) obteve elevados índices de iluminância no

verão, excedendo o limite dos 2000lx, o que poderá gerar desconforto para o usuário. Porém, por se tratar de um ambiente escolar, a utilização do espaço nesse período do ano é reduzida, com exceção do mês de novembro. O modelo M4P_ext (balcão com prateleiras de luz) permaneceu dentro do intervalo alvo ao longo de todo o ano. Ambos modelos se apresentaram acima do limite de 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

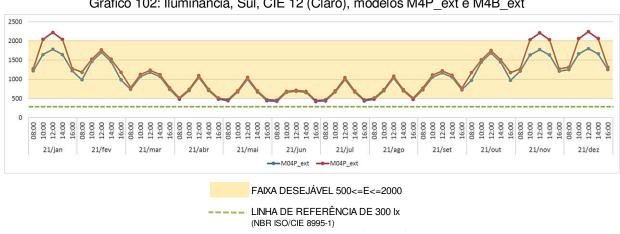
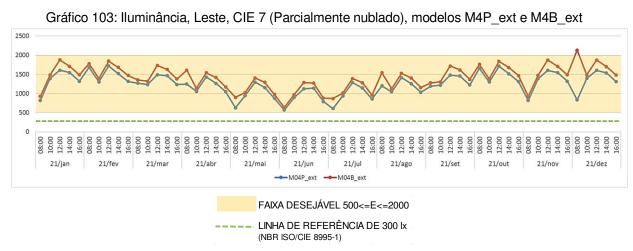


Gráfico 102: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M4P ext e M4B ext

Fonte: elaborado pela autora

Analisando os dados obtidos para Leste (gráfico 103) pode-se observar que nas condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), ocorreu maior desigualdade da luz natural ao longo do ano, contudo se mantendo na faixa desejável (500≤E≤2000lx) e acima do limite de 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). A exceção aconteceu para o modelo M4B_ext (balcão com brises), que obteve um pico de iluminância às 8h, no mês de dezembro, alcançando valor acima dos 2000lx.



Quando sob condições de céu claro (CIE 12), Leste, (gráfico 104), foram obtidas iluminâncias excessivas às 8h para ambos modelos, possivelmente em função da parcela de luz direta oriunda desta orientação, visto que os brises e prateleiras protegem o ambiente do sol somente após 8h. Esses excessos foram mais pronunciados no modelo M4B_ext (balcão com brises). No restante de horas do dia, as iluminâncias permaneceram no intervalo desejável (500≤E≤2000lx) e acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Vale ressaltar que no verão, os modelos não apresentaram iluminâncias excessivas às 8h, contudo, a utilização do espaço nessa época, com exceção do mês me novembro, é reduzida.

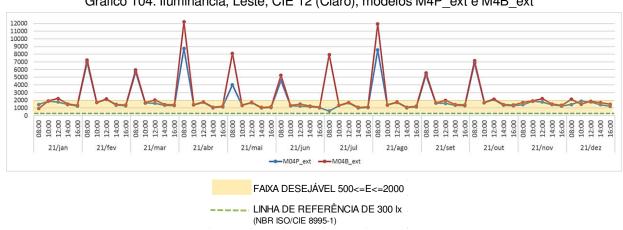
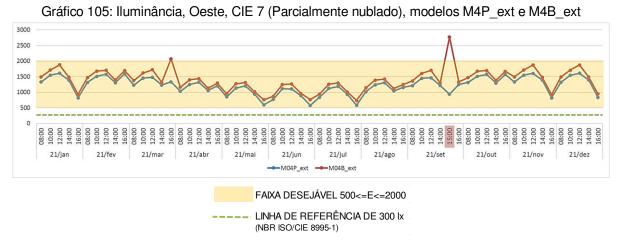


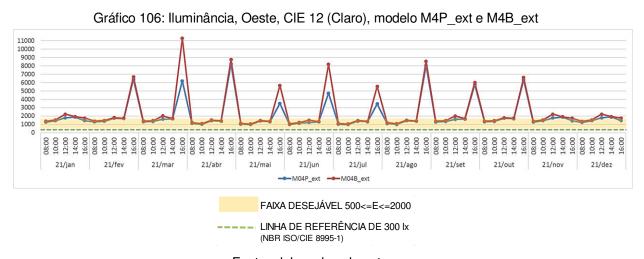
Gráfico 104: Iluminância, Leste, CIE 12 (Claro), modelos M4P_ext e M4B_ext

Fonte: elaborado pela autora

O gráfico 105 apresenta o comportamento dos modelos para **Oeste**, sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), onde é possível observar que ambos permaneceram na faixa desejável (500≤E≤2000lx) ao longo do ano, assim como acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Contudo, nota-se uma desigualdade da luz natural, o que poderá gerar desconforto no ambiente interno. Novamente o modelo M4B_ext (balcão com brises) obteve iluminâncias elevadas, com um pico de iluminância em março, no horário das 16h, que excede os 2000lx. Essa ocorrência foi revisada para o mês de setembro, que possui a mesma trajetória solar, onde se constatou o mesmo excesso de luz, porém às 15h, conforme demarcado no gráfico a seguir.



Quando verificado o comportamento dos modelos para **Oeste**, sob condições de *céu claro* (CIE 12), o gráfico 106 ilustra que ambos apresentaram iluminâncias excessivas às 16h, o que poderá gerar desconforto para o usuário, principalmente pelos excessos de luz ocorrerem entre fevereiro e outubro, período de maior utilização da sala de aula. No verão, ambos modelos se mantiveram dentro do intervalo alvo, conduto, há pouca utilização do espaço nesse período do ano, com exceção do mês de novembro. Ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

Diante do apresentado, conclui-se que o comportamento do modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) se apresentou mais adequado quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), permanecendo dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) ao longo do ano, para todas as orientações analisadas. Essa afirmação

também pode ser aplicada ao modelo **M4B_ext** (balcão com brises), mas somente quando orientado para Sul, que permitiu índices dentro do intervalo alvo.

Nas condições de *céu claro* (CIE 12), somente o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) quando orientado para Sul, permitiu índices de iluminância dentro do intervalo da faixa alvo (500≤E≤2000lx), possibilitando a utilização da luz natural durante todo o ano, sem necessidade de complementação ou ocorrência de excessos. Contudo, mesmo grande parte das variáveis terem apresentado iluminâncias excessivas nesta condição de céu, obteve-se mais de 75% de iluminância na faixa alvo, como é possível verificar através do quadro 23. Excetua-se dessa afirmação o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) quando orientado para Norte, que alcançou menor número de pontos de iluminância dentro da faixa alvo.

MODELOS

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

SITUAÇÃO DESEJÁVEL
SITUAÇÃO ACEITÁVEL
SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 23: Resumo do desempenho anual dos modelos M4P_ext e M4B_ext

Fonte: elaborado pela autora

4.4.3 Uniformidade

Quando verificada a uniformidade do ambiente interno, o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permitiu alcance do percentual mínimo recomendado em quase todas as variáveis analisadas, o que demonstra potencial deste modelo no que tange o aumento da uniformidade da luz interna pelos dispositivos externos de fachada. Os resultados que não alcançaram o percentual mínimo de 60% apresentaram-se muito próximos do limite recomendado, como é possível verificar no gráfico 107.

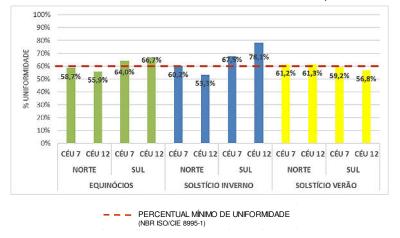


Gráfico 107: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M4P_ext

O gráfico 108 apresenta os percentuais de uniformidade obtido pelo modelo **M4B_ext** (balcão com brises), onde é possível observar que somente quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), nos Equinócios e Solstício de Inverno, que o percentual mínimo recomendado (0,6 ou 60%) foi atingido, o que demonstra menor potencial deste modelo nesse aspecto. O modelo **M4B_ext** (balcão com brises) apresentou ainda os menores percentuais de uniformidade nas variáveis analisadas.

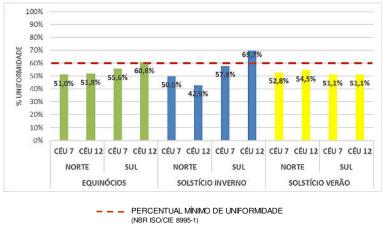


Gráfico 108: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M4B_ext

Fonte: elaborado pela autora

Foi possível concluir por esta análise que o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permitiu percentuais mais elevados de uniformidade no ambiente interno, estando acima do mínimo recomendado em quase todas as variáveis analisadas, o que demonstra o potencial do modelo nesse aspecto. Já o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) não atuou positivamente quando verificada a uniformidade do ambiente interno. O quadro 24 demonstra o comportamento dos modelos.

EQUINÓCIOS SOLST. INVERNO **SOLST. VERÃO MODELOS CIE 12** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 N Ν N S N N S S N S M04B ext SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 24: Desempenho dos modelos M4P_ext e M4B_ext na análise de Uniformidade

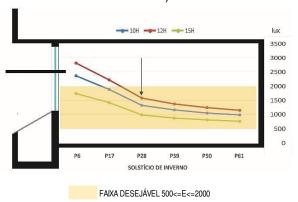
Fonte: elaborado pela autora

4.4.4 Análise do decaimento da luz natural

Ao analisar o decaimento da luz natural no ambiente interno, pode-se observar através dos gráficos 109 a 112, correspondentes ao **Solstício de Inverno**, **Norte**, que os modelos apresentaram elevados índices de iluminância próximo às janelas, principalmente às 12h, para ambos os céus analisados. O modelo **M4B_ext** (balcão com brises) permitiu maior prolongamento da luz excessiva na profundidade do ambiente.

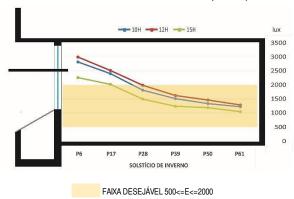
Ambos modelos permaneceram na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) na região mais distante das aberturas, o que indica que a iluminação natural irá suprir a necessidade dos usuários. O modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) apresentou elevado decaimento da iluminação na região mais próxima da abertura, mais especificamente no ponto P28 (2,40m da abertura), como indicado pela seta no gráfico, o que poderá gerar desconforto para quem se localiza nessa região. Já o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) apresentou uma curva com reduções menos acentuadas entre os pontos, o que irá gerar menores contrastes da iluminação no ambiente interno, contudo, apresentou iluminâncias excessivas próximas às aberturas.

Gráfico 109: Decaimento da luz, M4P_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DEC	% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-20%	-30%	-12%	-9%	-7%			
12H	-21%	-29%	-13%	-9%	-8%			
15H	-19%	-30%	-11%	-7%	-7%			

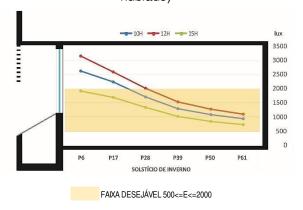
Gráfico 111: Decaimento da luz, M4P_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECA	MENTO I	ENTRE OS	PONTOS -	SOLST. IN	IVERNO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-15%	-25%	-17%	-11%	-8%
12H	-16%	-21%	-19%	-10%	-12%
15H	-11%	-26%	-17%	-4%	-11%

Fonte: elaborado pela autora

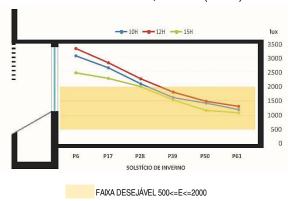
Gráfico 110: Decaimento da luz, M4B_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECA	MENTO E	ENTRE OS	PONTOS -	SOLST. IN	IVERNO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-15%	-23%	-25%	-15%	-14%
12H	-18%	-22%	-24%	-17%	-14%
15H	-12%	-21%	-24%	-17%	-13%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 112: Decaimento da luz, M4B_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



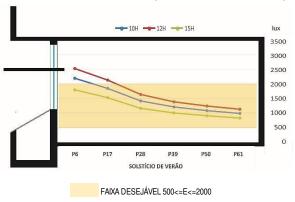
% DECF	% DECAMENTO ENTRE OS FONTOS - SOLST. INVERNO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-13%	-21%	-23%	-12%	-15%			
12H	-15%	-20%	-20%	-17%	-11%			
15H	-8%	-13%	-23%	-23%	-7%			

Fonte: elaborado pela autora

No **Solstício de Verão, Norte,** (gráficos 113 a 116), os modelos apresentaram iluminâncias elevadas próximas às aberturas, para ambas as condições de céu, permanecendo acima do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) nessa região da sala de aula. Contudo, o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permitiu iluminâncias inferiores, em comparação com o modelo **M4B_ext** (balcão com brises), para ambos os céus, o que poderá gerar menor desconforto para o usuário. Sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), as iluminâncias permaneceram dentro da faixa alvo às 15h, em ambos modelos.

Analisando o decaimento da curva para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), pode-se observar que no modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz), os pontos próximos às aberturas apresentaram reduções acentuadas, o que poderá gerar desconforto para o usuário. Somente para *céu claro* (CIE 12) este modelo permitiu iluminância equilibrada no ambiente interno. Já o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) apresentou menores reduções da iluminância ao longo da profundidade do ambiente, o que irá evitar contrastes no espaço interno.

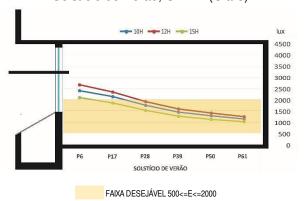
Gráfico 113: Decaimento da luz, M4P_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61 10H -16% -23% -15% -10% 12H -16% -23% -15% -11% -9% 15H -15% -24% -14% -10% -8%

Fonte: elaborado pela autora

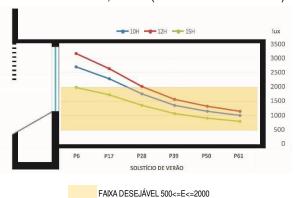
Gráfico 115: Decaimento da luz, M4P_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DEC	CAMENTO	ENTRE O	SPONTOS	- SOLST.	VERAO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-12%	-18%	-17%	-12%	-11%
12H	-12%	-18%	-17%	-12%	-11%
15H	-11%	-18%	-17%	-11%	-10%

Fonte: elaborado pela autora

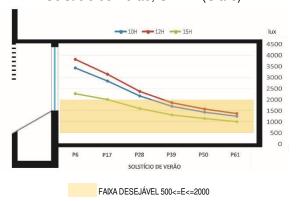
Gráfico 114: Decaimento da luz, M4B_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61 10H -15% -23% -22% -13% -15% 12H -16% -23% -22% -15% -13% 15H -13% -21% -21% -14% -13%

Fonte: elaborado pela autora

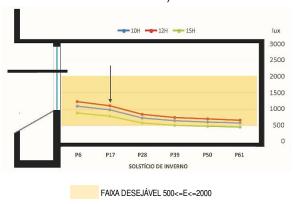
Gráfico 116: Decaimento da luz, M4B_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DEC	AMENTO	ENTRE O	S PONTOS	- SOLST.	VERÃO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-17%	-24%	-22%	-15%	-13%
12H	-18%	-24%	-22%	-16%	-13%
15H	-12%	-20%	-18%	-13%	-12%

Ao observar os gráficos 117 a 120 correspondentes ao **Solstício de Inverno**, **Sul**, notase que ambos modelos mantiveram a iluminância interna dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), para ambos os céus, o que permitirá a utilização da luz natural sem necessidade de complementação com luz artificial, e sem causar desconforto ao usuário. Os modelos, quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) apresentaram índices mais elevados próximos às aberturas.

Gráfico 117: Decaimento da luz, M4P_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



 % DEC→MENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

 10H
 -10%
 -24%
 -11%
 -6%
 -5%

 12H
 -10%
 -23%
 -11%
 -6%
 -5%

Fonte: elaborado pela autora

-11%

-7%

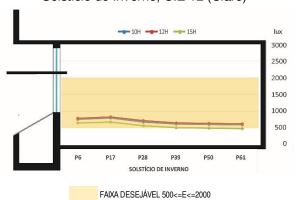
-5%

-26%

15H

-10%

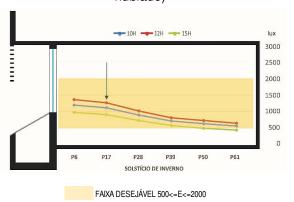
Gráfico 119: Decaimento da luz, M4P_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	5%	-14%	-9%	-2%	-3%			
12H	6%	-14%	-9%	-2%	-3%			
15H	6%	-16%	-9%	-3%	-2%			

Fonte: elaborado pela autora

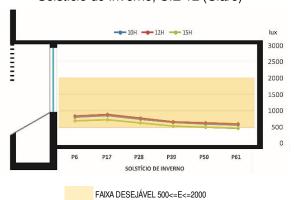
Gráfico 118: Decaimento da luz, M4B_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DEC		ENTRE OS	PONTOS -	SOLST. IN	IVERNO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-7%	-19%	-20%	-12%	-11%
12H	-7%	-19%	-20%	-11%	-10%
15H	-7%	-20%	-21%	-13%	-11%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 120: Decaimento da luz, M4B_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DEC	MENTO I	ENTRE OS	PONTOS -	SOLST. IN	IVERNO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	5%	-12%	-13%	-6%	-6%
12H	4%	-12%	-13%	-5%	-6%
15H	6%	-13%	-15%	-6%	-7%

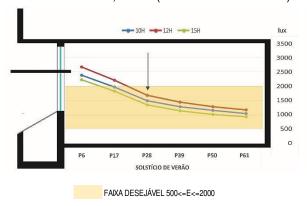
Os gráficos 121 a 124 ilustram o comportamento dos modelos para **Sul**, no **Solstício de Verão**, onde é possível observar que ambos modelos apresentaram iluminâncias excessivas na região mais próxima das aberturas, em ambas as condições de céu, contudo, o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permitiu índices inferiores, o que poderá gerar menor desconforto ao usuário.

Destaca-se também que os dois modelos permitiram que a iluminância permanecesse no intervalo alvo na região mais distante das aberturas, o que atenderá, portanto, às necessidades do usuário. No modelo M4P_ext (balcão com prateleiras de luz), a curva apresenta deflexão acentuada próximo às janelas, como é possível verificar através da seta indicativa no gráfico, o que poderá gerar desconforto visual para quem se localiza próximo à essa região da sala de aula. Já o modelo M4B_ext (balcão com brises), mesmo com valores excessivos próximo à fonte de luz, obteve reduções equilibradas entre os pontos, o que permitirá maior estabilidade da luz natural e, consequentemente, menor contraste.

Vale ressaltar o comportamento apresentado pelo modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) nas condições de *céu claro* (CIE 12), que apresentou índices de iluminância semelhantes nos diferentes horários do dia, o que permitirá menor contraste no ambiente interno.

Gráfico 121: Decaimento da luz, M4P_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)

Gráfico 122: Decaimento da luz, M4B_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



-							3500
Ē							3000
=	-	1					2500
=							2000
	-				_		1500
							1000
							500
		P17	P28	P39	P50	P61	0
	P6						

/8 DECAMMENTO ENTITE OST ONTOS - SOEST. VEITAO					
HORA/DI	A P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-17%	-24%	-14%	-10%	-9%
12H	-17%	-24%	-15%	-11%	-9%
15H	-18%	-26%	-15%	-11%	-9%

% DECAIMENTO ENTRE OS DONTOS - SOI ST. VERÃO

HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61 10H -16% -23% -23% -15% -14% 12H -17% -24% -23% -16% -14% -13% 15H -15% -23% -23% -16%

% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 123: Decaimento da luz, M4P_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)

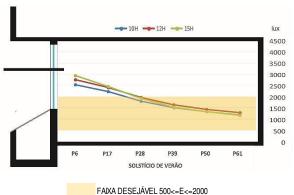
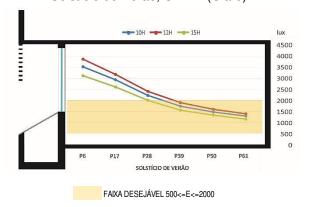


Gráfico 124: Decaimento da luz, M4B_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61 -12% -19% -17% 12H -13% -18% -17% -12% -11% 15H -17% -22% -20% -14% -12%

-18% -24% -22% -16% -13% -16% -24% -22% -15% -13%

Fonte: elaborado pela autora

Fonte: elaborado pela autora

% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61

Conclui-se que ambos modelos apresentaram iluminâncias elevadas próximas às aberturas, o que poderá influenciar no conforto visual dos usuários. Contudo, o modelo M4P_ext (balcão com prateleiras de luz) permitiu iluminâncias inferiores nessa região da sala de aula, o que poderá contribuir para um maior conforto no ambiente interno. Excetua-se dessa afirmação o comportamento apresentado pelos modelos quando orientados para Sul, no Solstício de Verão, que em ambas as condições de céu permitiram iluminâncias dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) em toda a curva de decaimento, possibilitando assim a utilização da luz natural sem ocorrência de luz excessiva ou necessidade de complementação com luz artificial.

12H

15H

Foi possível observar ainda que o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) apresentou as maiores deflexões da luz próximo às aberturas, o que poderá gerar desconforto nessa região da sala de aula. Em comparação, mesmo o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) apresentando iluminâncias mais elevadas próximas às aberturas, este modelo permitiu maior equilíbrio da luz ao longo da profundidade da sala de aula, o que poderá reduzir os contrastes internos, gerando maior conforto.

Ainda, ambos modelos possibilitaram que as iluminâncias permanecessem dentro do intervalo alvo na região mais distante da fonte de luz, contudo, o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) possibilitou maior equilíbrio nos pontos mais distantes das aberturas, com reduções inferiores entre os pontos.

O quadro 25 ilustra um resumo do desempenho dos modelos, onde se verifica que o modelo M4P_ext (balcão com prateleiras de luz) permitiu maior permanência da luz natural no ambiente interno dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), o que trará benefícios aos usuários, principalmente quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7). Já o modelo M4B_ext (balcão com brises) obteve mais de 75% das iluminâncias no intervalo alvo no Solstício de Inverno, mas somente quando orientado para Sul, em ambas as condições de céu. Apresentou ainda menos de 50% da iluminância na faixa desejada quando orientado para Sul, no Solstício de Verão.

SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO **MODELOS** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** S Ν S N S N S M04P_ext SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 25: Performance dos modelos M4P_ext e M4B_ext na análise de Decaimento da Luz Natural

Fonte: elaborado pela autora

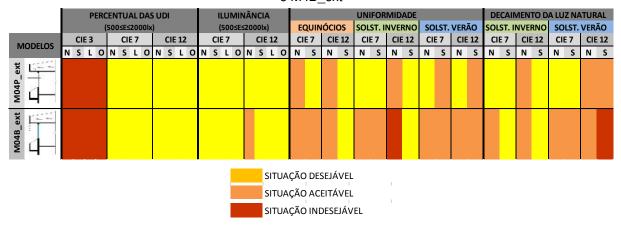
Diante das análises realizadas, o quadro 26 apresenta uma síntese da performance dos modelos desta etapa onde, no que se refere aos *Percentuais das UDI*, pode-se verificar que o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permitiu maiores iluminâncias dentro do intervalo alvo, principalmente quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), o que possibilitará o uso da luz natural no ambiente interno em grande parte do ano. O modelo **M4B_ext** (balcão com brises) permitiu iluminância superior na faixa alvo somente quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3), apresentando ainda elevado percentual dentro do intervalo *aceitável* (100≤E≤500lx), o que acarretará necessidade de iluminação complementar.

Analisando as "Iluminâncias", verifica-se que ambos modelos, apesar das iluminâncias excessivas obtidas em determinadas épocas do ano, permitiram mais de 75% da iluminância interna dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), o que possibilitará o aproveitamento da luz natural no ambiente interno. A exceção se deu para o modelo **M4B ext** (balcão com brises), que obteve percentual de pontos na situação "aceitável".

Na análise de *Uniformidade*, o modelo **M4P_ext** (balcão com prateleiras de luz) alcançou o limite mínimo recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) em grande parte das variáveis simuladas, o que demonstra potencial deste modelo quanto à contribuição para a uniformidade do ambiente interno. Já o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) não contribuiu positivamente nesse aspecto.

Quanto ao "Decaimento da Luz Natural", verifica-se que o modelo M4P_ext (balcão com prateleiras de luz) permitiu maior uso da luz natural no ambiente interno, por ter apresentando maior parte da iluminância dentro do intervalo alvo. Esse desempenho se apresentou mais eficiente quando sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7). O modelo M4B_ext (balcão com brises) obteve os melhores desempenhos quando orientado para Sul, no Solstício de Inverno, contudo, a maior parte de sua performance se manteve na faixa "aceitável", o que demonstra possível desconforto ao usuário na utilização do espaço interno.

Quadro 26: Síntese das análises, com destaque para a melhor performance entre os modelos M4P_ext e M4B ext



Fonte: elaborado pela autora

4.5 Análise dos modelos M5P e M5B: balcão refletor inclinado 15° para a área interna, associados a prateleiras de luz e brises

Neste item são representados os modelos analisados: modelos **M5P_int**, modelo com balcão inclinado 15° para a área interna, associado a prateleiras de luz (figura 41); e o **M5B_int**, modelo com balcão inclinado 15° para a área interna, associado aos brises (figura 42).

Figura 41: Modelo M5P_int

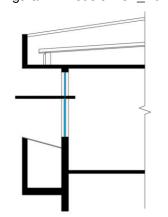
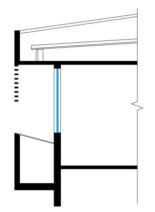


Figura 42: Modelo M5B_int



Fonte: elaborado pela autora

4.5.1 Percentuais das UDIS

Os gráficos de 125 e 128 apresentam os percentuais de iluminância dentro dos intervalos da UDI para os modelos analisados nesta etapa. Para *céu encoberto* (CIE 3), em todas as orientações, o **M5B_int** (balcão com brises) apresentou percentual 9,6% superior na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), contudo, a maior parte do percentual de pontos dos modelos se mantiveram na faixa *aceitável* (100≤E≤500lx). Vale a pena ressaltar que em ambos modelos não ocorreram percentuais dentro da faixa considerada *excessiva* (E<2000lx) nesta condição de céu.

Já para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), para todas as orientações, os percentuais apresentados pelos modelos foram semelhantes, com destaque para o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz), que permitiu maior permanência da luz natural na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) e possibilitará maior utilização da luz no ambiente interno sem necessidade de complementação com iluminação artificial. Esse mesmo modelo obteve também os menores percentuais dentro da faixa *excessiva* (E<2000lx).

Gráfico 125: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M5P_int e M5B int

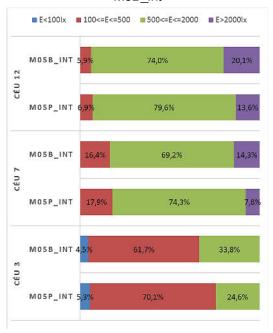
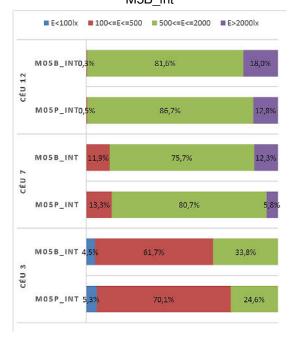
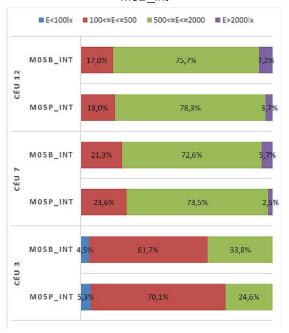


Gráfico 127: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M5P_int e M5B int



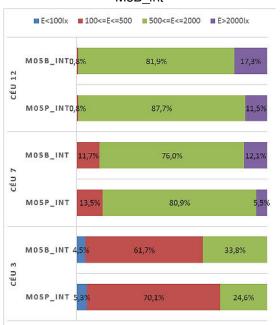
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 126: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M5P_int e M5B int



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 128: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M5P_int e M5B int



Fonte: elaborado pela autora

De maneira geral, conclui-se que, para *céu encoberto* (CIE 3), os modelos obtiveram baixos percentuais dentro do intervalo desejado, contudo, dentre ambos, o modelo **M5B int** (balcão com brises) apresentou percentual levemente superior. Já para *céu*

parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12) os modelos apresentaram percentuais elevados dentro da faixa alvo em todas as orientações analisadas, porém, dentre ambos, o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) apresentou os maiores percentuais. Ressalta-se que o desempenho da orientação Norte se apresentou inferior (quadro 27).

MODELOS

CIE 3

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

SITUAÇÃO DESEJÁVEL

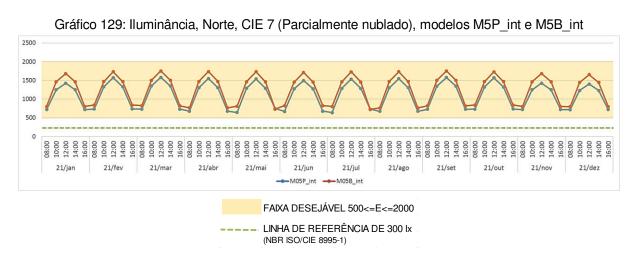
SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 27: Desempenho dos modelos M5P_int e M5B_int na análise de Percentual das UDI

Fonte: elaborado pela autora

4.5.2 Iluminância

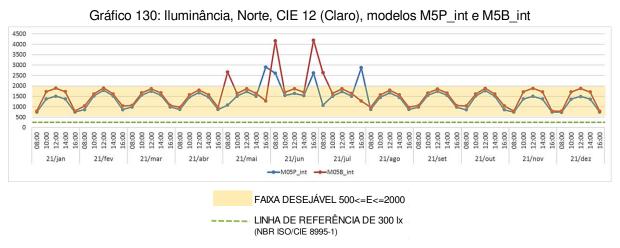
Nota-se através do gráfico 129 que quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), **Norte,** ambos modelos permaneceram ao longo do ano dentro da faixa considerada *desejável* (500≤E≤2000lx), além de obter valores superiores à 300lx, conforme recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

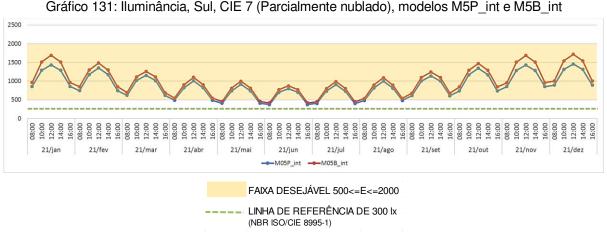
Para as condições de *céu claro* (CIE 12), **Norte** (gráfico 130), nota-se maior variação da iluminância no inverno, com ambos modelos apresentando luz excessiva,

possivelmente em função dos baixos ângulos solares nesta época do ano, permitindo o acesso da iluminação direta no ambiente interno. O modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) apresentou iluminâncias inferiores em comparação ao outro modelo. Ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

Quando orientados para **Sul**, os modelos permaneceram dentro da faixa considerada *desejável* (500≤E≤2000lx), assim como acima dos 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) durante todo o ano, quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) (gráfico 131).



Fonte: elaborado pela autora

Ainda para a orientação **Sul**, nas condições de *céu claro* (CIE 12), é possível perceber através do gráfico 132, que ambos modelos permaneceram dentro do intervalo alvo ao longo do ano e, consequentemente, acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Destaca-se o comportamento do modelo **M5B_int** (balcão com

brises), que permitiu iluminâncias superiores no verão, contudo, ainda dentro do intervalo alvo.

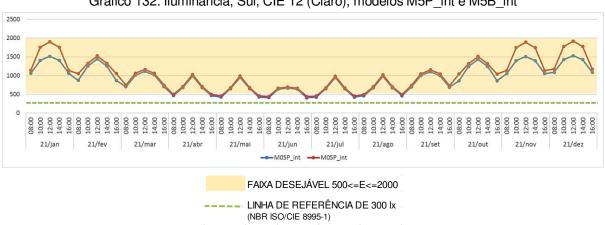
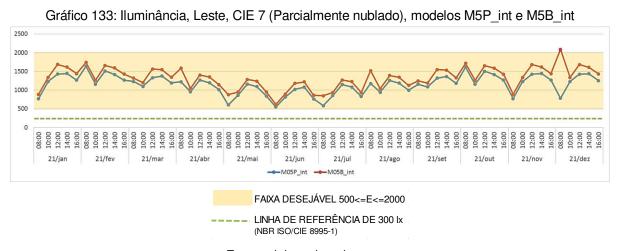


Gráfico 132: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M5P_int e M5B_int

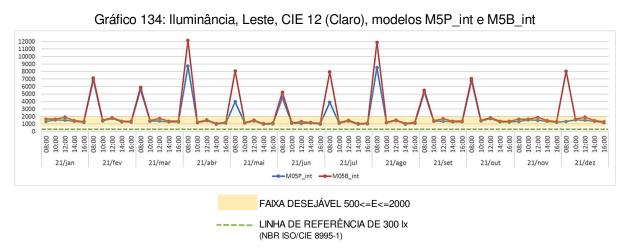
Fonte: elaborado pela autora

O gráfico 133 ilustra o comportamento dos modelos quando orientados para **Leste**, sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), onde é possível verificar maior variabilidade no comportamento da luz no ambiente interno para ambos modelos, mas ainda dentro do intervalo desejável (500≤E≤2000lx). O modelo M5B int (balcão com brises) obteve índices de iluminância mais elevadas, apresentando um pico de iluminância às 8h do mês de dezembro que excedeu os 2000lx. Vale destacar que ambos modelos permaneceram acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

O gráfico 134 apresenta os dados dos modelos quando sob condições de céu claro (CIE 12), Leste, onde se verificam picos de iluminância entre fevereiro e outubro, período este de maior utilização do espaço escolar, possivelmente em função dos baixos ângulos solares obtidos nesta orientação. Vale destacar que somente nos meses mais quentes, o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) se manteve na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), contudo, nessa época do ano a utilização do espaço escolar é reduzida. Ambos modelos permaneceram acima do limite de 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT,2013).



Fonte: elaborado pela autora

Pode-se observar através do gráfico 135 que os modelos, quando orientados para **Oeste** e sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), permaneceram no intervalo alvo ao longo do ano, assim como acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). O modelo **M5B_int** (sem balcão, com brises) obteve iluminâncias mais elevadas, principalmente às 12h. Esse mesmo modelo, inclusive, apresentou um pico de iluminância em março, no horário das 16h, excedendo os 2000lx da faixa alvo. Esse fato foi revisado para o mês de setembro, que possui a mesma trajetória solar, onde se constatou o mesmo excesso de iluminância, porém ocorrendo às 15h, como é possível verificar no gráfico a seguir.

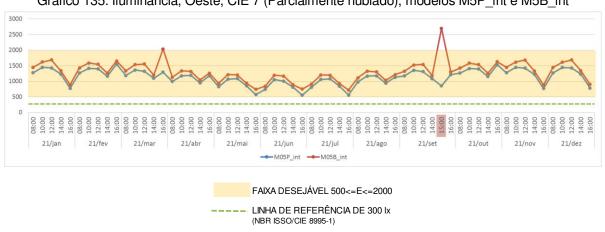


Gráfico 135: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelos M5P_int e M5B_int

Fonte: elaborado pela autora

É possível observar no gráfico 136, orientação **Oeste,** que os modelos, quando sob condições de céu claro (CIE 12), apresentaram iluminâncias excessivas (E<2000lx) às 16h, possivelmente em função da parcela de luz direta proveniente desta orientação. Vale ressaltar que esses picos de iluminância foram obtidos nos meses entre fevereiro e novembro, referente ao período de maior utilização das salas de aula, o que poderá gerar desconforto ao usuário. Os modelos não apresentaram picos excessivos de

iluminância no verão, contudo, nesse período do ano há pouca utilização do espaço em

função do recesso escolar. Ambos modelos permaneceram acima do limite de 300lx

determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

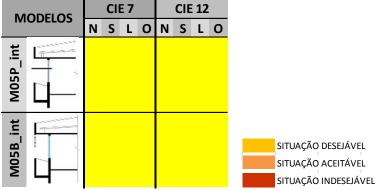
Gráfico 136: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelo M5P_int e M5B_int 11000 10000 9000 8000 7000 6000 5000 4000 08:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00
11:00 21/ago 21/mar 21/ahr 21/mai 21/jun 21/iul 21/set 21/out 21/nov 21/dez **─**M05P_int ---M05B_int FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000 LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 IX (NBR ISSO/CIE 8995-1)

Fonte: elaborado pela autora

De maneira geral, pode-se concluir que, apesar de os modelos apresentarem iluminâncias excessivas em determinados períodos do ano ou horas do dia, todos permitiram mais de 75% da iluminância anual dentro do intervalo desejável (500≤E≤2000lx), o que possibilitará o uso da luz natural no ambiente interno (quadro

28). Os modelos quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) apresentaram maiores iluminâncias dentro do intervalo alvo.

Quadro 28: Performance dos modelos M5P_int e M5B_int na análise de Iluminâncias



Fonte: elaborado pela autora

4.5.3 Uniformidade

Observa-se através do gráfico 137 que o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu maior uniformidade no ambiente interno. Os percentuais obtidos nos Equinócios e Solstício de Inverno, na orientação Sul, em ambos os céus, apresentaramse acima do mínimo de 60% (NBR ISO/CIE 8995-1, 2013). Nas outras variáveis analisadas, os percentuais apresentaram próximos ao mínimo recomendado, o que demonstra o potencial do modelo nesse quesito.

100% 90% 80% 70% % UNIFORMIDADE 60% 59,9% 59,3% 58,6% 50% 40% 30% 20% 10% CÉU 7 CÉU 12 NORTE NORTE SUL SUL NORTE EQUINÓCIOS SOLSTÍCIO INVERNO SOLSTÍCIO VERÃO PERCENTUAL MÍNIMO DE UNIFORMIDADE

Gráfico 137: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M5P int

Fonte: elaborado pela autora

Com relação ao modelo **M5B_int** (balcão com brises), observa-se que este alcançou percentual acima do mínimo somente quando orientado para Sul e quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), como é possível verificar através do gráfico 138. Ainda,

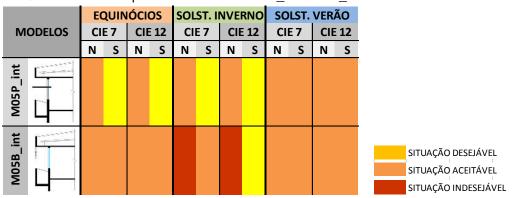
esse mesmo modelo apresentou os menores percentuais de uniformidade, principalmente no Solstício de Verão.

100% 90% 80% 70% % UNIFORMIDADE 60% 50% 40% 30% 20% 10% 0% CÉU 7 CÉU 12 NORTE SUL NORTE SUL NORTE SUL **EQUINÓCIOS** SOLSTÍCIO INVERNO SOLSTÍCIO VERÃO PERCENTUAL MÍNIMO DE UNIFORMIDADE

Gráfico 138: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M5B_int

Fonte: elaborado pela autora

Em função dos resultados apresentados, conclui-se que o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu maior uniformidade da luz natural no ambiente interno, apresentando valores mais elevados e acima dos 0,6 (ou 60%) mínimos determinados pela norma. Destaca-se que modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) obteve melhor desempenho quando orientado para Sul. O modelo **M5B_int** (balcão com brises) apresentou os percentuais mais baixos, principalmente no Solstício de Inverno, o que demonstra menor potencial de estabilidade da luz no ambiente interno (quadro 29).



Quadro 29: Desempenho dos modelos M5P_int e M5B_int na análise de Uniformidade

Fonte: elaborado pela autora

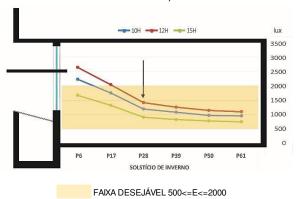
4.5.4 Análise do decaimento da luz natural

Nesta etapa, serão analisadas as curvas de decaimento da luz natural na sala de aula. Os gráficos 139 a 142 ilustram as curvas referente ao **Solstício de Inverno**, **Norte**, onde é possível observar que ambos modelos apresentaram índices excessivos (E<2000lx) próximo às aberturas, em ambas as condições de céu, principalmente às 12h, o que poderá gerar desconforto ao usuário. Vale ressaltar que na condição de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), a curva das 15h permaneceu dentro do intervalo alvo. Comparando os dois modelos analisados, nota-se que o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) conferiu iluminâncias inferiores.

No céu parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12), ambos modelos permaneceram no intervalo útil nas regiões mais distante das aberturas, o que indica que a iluminação natural irá suprir as necessidades dos usuários. Contudo, no modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) nota-se um decaimento maior da iluminação nos pontos próximos à abertura. Essa redução apresentou-se mais acentuada no ponto P28 (2,40m da abertura) destacada nos gráficos XX e XX através das setas indicativas, o que poderá gerar um maior contraste da iluminância interna, gerando perturbação visual. No modelo **M5B_int** (balcão com brises), apesar de prolongar a iluminância excessiva no ambiente interno, a curva é menos acentuada próximo à abertura, gerando menos contrastes na iluminação.

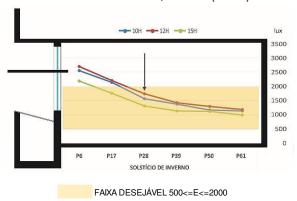
Destaca-se o comportamento de ambos modelos sob condições de *céu claro* (CIE 12), que apresentaram maior variabilidade no comportamento das curvas, o que poderá ocasionar menor estabilidade da luz no ambiente interno.

Gráfico 139: Decaimento da luz, M5P_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-21%	-31%	-10%	-10%	-3%			
12H	-23%	-30%	-11%	-8%	-5%			
15H	-21%	-31%	-8%	-7%	-4%			

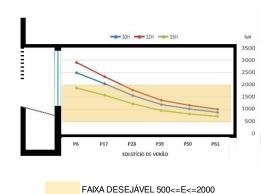
Gráfico 141: Decaimento da luz, M5P_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-16%	-27%	-13%	-14%	-4%			
12H	-19%	-21%	-18%	-9%	-9%			
15H	-20%	-25%	-14%	-1%	-11%			

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 140: Decaimento da luz, M5B_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



 % DEC→MENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

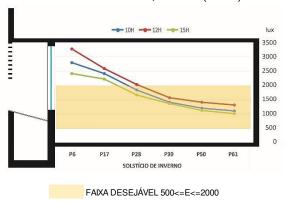
 10H
 -15%
 -25%
 -25%
 -16%
 -12%

 12H
 -20%
 -24%
 -25%
 -14%
 -12%

 15H
 -13%
 -24%
 -23%
 -16%
 -14%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 142: Decaimento da luz, M5B_int, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



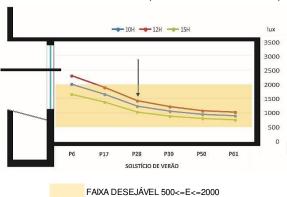
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-14%	-24%	-24%	-14%	-9%		
12H	-21%	-22%	-23%	-10%	-7%		
15H	-8%	-25%	-18%	-17%	-10%		

Fonte: elaborado pela autora

Os gráficos 143 a 146 apresentam os dados para **Solstício de Verão**, **Norte**, onde se pode observar iluminâncias mais elevadas próximas às aberturas, apresentadas principalmente pelo modelo **M5B_int** (balcão com brises), mantendo-se acima da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx). O modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz), apresentou menores iluminâncias próximo às aberturas, principalmente quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), o que poderá gerar maior conforto no ambiente interno.

Ao se analisar o comportamento da curva de iluminância, pode-se observar que, mesmo nos pontos mais distantes da fonte de luz natural, a iluminância alcançada se manteve dentro do intervalo alvo, o que permitirá a utilização do espaço sem necessidade de complementação com iluminação artificial. Entretanto, mesmo apresentando iluminâncias inferiores próximas à abertura, o modelo M5P_int (balcão com prateleiras de luz) ocasionou um maior decaimento da iluminância nessa região da sala de aula, como é possível verificar através da seta indicativa no gráfico, quando sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), o que poderá ocasionar desconforto ao usuário em função da variabilidade da luz no ambiente. Porém, esse mesmo modelo, para céu claro (CIE 12), permitiu reduções menores de iluminância ao longo da profundidade do ambiente, contribuindo para um menor contraste da iluminação no interior do ambiente. No modelo M5B_int (balcão com brises), para ambos os céus, a curva apresenta-se menos acentuada apenas às 15h. No restante de horas analisadas (10h e 12h), há excesso de luz próximo às aberturas, provocando contrastes na iluminação e desconforto visual, com deflexão mais acentuada da curva no ponto P39 (3,40m da abertura), como é possível verificar através da seta indicativa no gráfico.

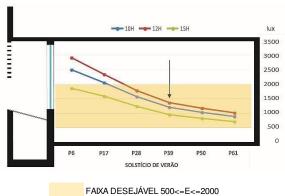
Gráfico 143: Decaimento da luz, M5P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS FONTOS - SOLST. VERAO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-18%	-25%	-14%	-11%	-5%			
12H	-18%	-25%	-14%	-11%	-6%			
15H	-17%	-25%	-13%	-10%	-4%			

Fonte: elaborado pela autora

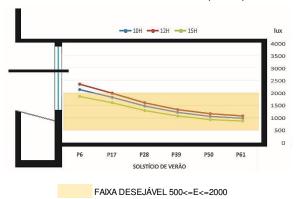
Gráfico 144: Decaimento da luz, M5B_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-18%	-23%	-23%	-15%	-13%		
12H	-19%	-24%	-23%	-15%	-14%		
15H	-15%	-22%	-22%	-14%	-13%		

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 145: Decaimento da luz, M5P_int, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



	→ 10H → 12H → 15H	lux
		4000
∃ ∥	_	3500
=		3000
=		2500
		2000
		1500
The state of the s		1000
		500

Gráfico 146: Decaimento da luz, M5B_int, Norte,

Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)

SOLSTÍCIO DE VERÃO

FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO							
HOF	RA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61	
1	I0H	-14%	-19%	-17%	-13%	-7%	
1	2H	-15%	-19%	-17%	-13%	-8%	

-19%

15H

-14%

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-21%	-24%	-22%	-15%	-13%
12H	-22%	-24%	-22%	-15%	-13%
15H	-16%	-21%	-20%	-12%	-12%

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

Fonte: elaborado pela autora

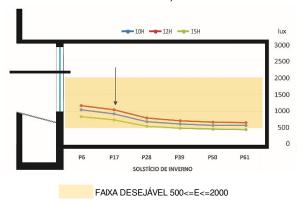
-12%

-7%

Fonte: elaborado pela autora

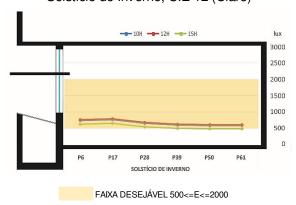
Os gráficos 147 a 150 ilustram o comportamento dos modelos quando orientados para **Sul**, no **Solstício de Inverno**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12). É possível observar que ambos modelos apresentaram iluminâncias mais elevadas próximas da abertura, porém ainda se mantendo dentro da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), demonstrando que, sob as condições analisadas, os modelos permitirão o aproveitamento da luz natural no ambiente interno durante todo o dia sem causar desconforto ao usuário. Destaca-se deflexão na curva de decaimento em ambos modelos, conforme indicado pela seta no gráfico, sendo que nos modelos analisados, a deflexão ocorre próximo às aberturas, no ponto P17 (1,50m da abertura).

Gráfico 147: Decaimento da luz, M5P_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-11%	-25%	-9%	-7%	-1%			
12H	-11%	-25%	-10%	-6%	-2%			
15H	-11%	-27%	-10%	-7%	-1%			

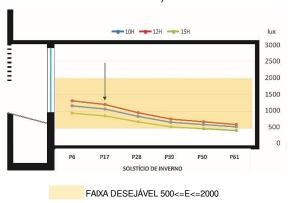
Gráfico 149: Decaimento da luz, M5P_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	4%	-15%	-7%	-3%	0%		
12H	4%	-14%	-7%	-3%	0%		
15H	5%	-17%	-7%	-3%	1%		

Fonte: elaborado pela autora

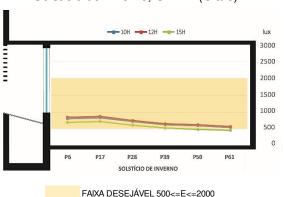
Gráfico 148: Decaimento da luz, M5B_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-8%	-20%	-21%	-11%	-11%		
12H	-8%	-20%	-20%	-11%	-11%		
15H	-8%	-21%	-21%	-12%	-11%		

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 150: Decaimento da luz, M5B_int, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	3%	-14%	-13%	-5%	-7%		
12H	3%	-14%	-13%	-5%	-7%		
15H	5%	-15%	-14%	-6%	-7%		

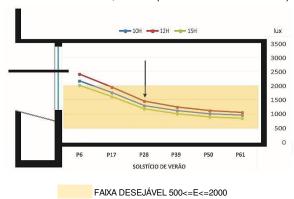
Fonte: elaborado pela autora

No **Solstício de Verão**, **Sul**, *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12) (gráficos 151 a 154), é possível verificar que ambos modelos obtiveram iluminâncias acima da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) próximo às aberturas, onde novamente o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu valores de iluminância mais próximos da faixa desejável, o que pode conferir maior conforto ao usuário.

É possível observar que ambos modelos permitiram iluminâncias dentro da faixa alvo na região mais distante das aberturas, o que possibilitará o uso da luz natural nos

espaços mais profundos do ambiente. Entretanto, o modelo M5P int (balcão com prateleiras de luz), em ambos os céus, apresentou menor iluminância próximo às aberturas. Destaca-se que, para céu parcialmente nublado (CIE 7), ambos apresentaram deflexões acentuadas da iluminância, como é possível observar através da seta indicativa no gráfico. Contudo, no modelo M5P_int (balcão com prateleiras de luz) essa redução apresentou-se mais próxima da abertura, no ponto P28 (2,40m da abertura) e, após essa deflexão, se manteve equilibrada. No modelo M5B int (balcão com brises), a deflexão ocorreu mais distante das aberturas, mais precisamente no ponto P39 (3,40m da abertura).

Gráfico 151: Decaimento da luz, M5P int, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 10H -19% -26% -13% -11% 12H -19% -25% -14%

-11%

-11%

-5%

Fonte: elaborado pela autora

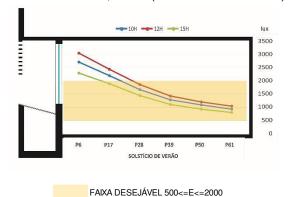
-14%

-27%

15H

-20%

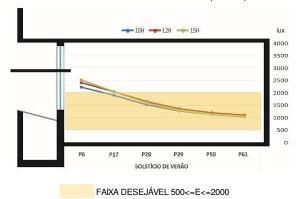
Gráfico 152: Decaimento da luz, M5B int, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-19%	-24%	-24%	-15%	-14%			
12H	-20%	-24%	-23%	-15%	-14%			
15H	-17%	-24%	-24%	-15%	-13%			

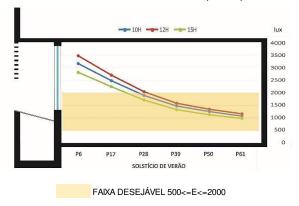
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 153: Decaimento da luz, M5P_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DEC	AMENTO	ENTRE O	S PONTOS	- SOLST.	VERÃO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-15%	-20%	-17%	-12%	-7%
12H	-15%	-20%	-17%	-13%	-7%
15H	100/	220/	100/	1/10/	Q0/

Gráfico 154: Decaimento da luz, M5B_int, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERA							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-21%	-24%	-22%	-15%	-13%		
12H	-22%	-24%	-22%	-15%	-13%		
15H	-20%	-23%	-23%	-15%	-13%		

Fonte: elaborado pela autora

Conclui-se que ambos modelos permitiram iluminâncias excessivas na região próximo às aberturas, em ambas as condições de céu, o que poderá ocasionar maior contraste interno e desconforto visual. Excetua-se dessa afirmação os modelos quando orientados para Sul, no Solstício de Inverno, em ambas as condições de céu, que permitiram iluminâncias dentro do intervalo alvo em toda a curva.

Comparando as curvas apresentadas, verificou-se que o modelo M5P_int (balcão com prateleiras de luz), apesar de apresentar iluminâncias inferiores, permitiu deflexões mais acentuadas da iluminância na região mais próxima das aberturas, o que poderá ocasionar perturbação visual em função da variação mais aparente da iluminância. Por outro lado, esse modelo permitiu também maior estabilidade da luz no ambiente interno quando nos pontos mais distantes das janelas, o que atenderá às necessidades do usuário, além de ocasionar menor contraste e também maior conforto visual nessa região da sala de aula. Já no modelo M5B_int (balcão com brises), mesmo com iluminâncias mais elevadas no ambiente interno, as reduções entre os pontos da curva se apresentaram mais suaves, o que poderá proporcionar uma luz mais estável no interior da sala.

O desempenho dos modelos pode ser analisado através do quadro 30, onde é possível notar que o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu maior permanência da luz natural no intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), principalmente quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), para ambas as

orientações. Já o modelo **M5B_int** (balcão com brises) obteve desempenho inferior, principalmente no Solstício de Verão.

Quadro 30: Performance dos modelos M5P_int e M5B_int na análise de Decaimento da Luz Natural

1	SOLST. IN		. INVERNO SOLST. VERÃO			VER/					
1	M	ODELOS	CI	E 7	CIE	12	CI	E 7	CIE	12	
			N	S	N	S	N	S	N	S	
	M05P_int										
	M05B_int										SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Fonte: elaborado pela autora

Resume-se o desempenho dos modelos através do quadro 31, onde, no que se refere aos *Percentuais das UDI*, é possível observar que o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) permitiu maiores percentuais dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) em grande parte do ano, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), o que permitirá a utilização da luz natural sem necessidade de complementação com iluminação artificial. O modelo **M5B_int** (balcão com brises) apresentou iluminâncias superiores no intervalo alvo somente quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3).

Com relação às *lluminâncias*, verifica-se que ambos modelos permitiram mais de 75% da luz natural dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), para todas as orientações e tipos de céu, permanecendo assim em situação "desejável".

Na análise de *Uniformidade*, o modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz) alcançou o limite mínimo recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) nos Equinócios e Solstício de Inverno, mas somente quando orientado para Sul, o que demonstra certa limitação do modelo nesse aspecto. No Solstício de Verão, ambos modelos permitiram percentuais de uniformidade *"aceitáveis"*, sendo o modelo **M5B_int** (balcão com brises), com desempenhos inferiores no restante das variáveis analisadas.

Ao se verificar o *Decaimento da Luz Natural*, observa-se que na maior parte das análises, a iluminância interna permaneceu no intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) pelo modelo **M5P_int** (balcão com prateleiras de luz), principalmente quando sob condições

de *céu parcialmente nublado* (CIE 7). O modelo **M5B_int** (balcão com brises) apresentou desempenho "aceitável", ou seja, entre 75% e 50% dos pontos dentro do intervalo alvo, em grande parte, no Solstício de Verão.

(500≤E≤2000lx) **EQUINÓCIOS** SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO CIE 7 CIE 12 CIE 7 CIE 12 CIE 12 CIE 7 CIE 12 CIE 7 CIE 12 CIE 7 CIE 7 CIE 12 CIE 7 CIE 12 MODELOS N S L O N S L O N S L O N S L O N S L O N S N S N S N S N S N S Ξ. MOSP SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 31: Síntese das análises dos modelos M5P_int e M5B_int

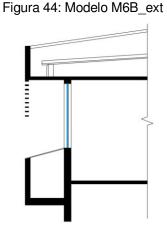
Fonte: elaborado pela autora

4.6 Análise dos modelos M6P e M6B: balcão refletor inclinado 15° para a área externa, associados a prateleiras de luz e brises

Neste item são representados os modelos analisados: modelo **M6P_ext**, com balcão inclinado 15° para a área externa, associado a prateleiras de luz (figura 43); e modelo **M6B_ext**, com balcão inclinado 15° para a área externa, associado aos brises (figura 44).

Figura 43: Modelo M6P_ext

Fonte: elaborado pela autora



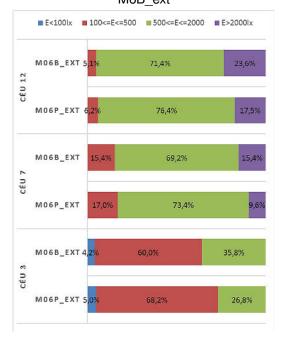
Fonte: elaborado pela autora

4.6.1 Percentuais das UDIS

Os gráficos 155 a 158 apresentam os percentuais de iluminância nos intervalos da UDI (*Useful Daylight Illuminance*) onde é possível observar que para *céu encoberto* (CIE 3) o modelo **M6B_ext** (balcão com brises) permitiu maior percentual na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), se encontrando 9% superior ao modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz), para todas as orientações analisadas, o que demonstra maior possibilidade de utilização da luz natural por este modelo. Nesta condição de céu, não foram obtidas iluminâncias excessivas.

O modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz) obteve maiores percentuais dentro do intervalo alvo, quando para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), em todas as orientações, permanecendo 5% superior, em média, ao modelo M6B_ext (balcão com brises), o que permitirá maior utilização da luz natural sem necessidade de iluminação complementar. Vale destacar que o modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz) obteve os menores percentuais de luz *excessiva* (E<2000lx) nas orientações analisadas, o que possibilitará menor ocorrência de ofuscamento no ambiente interno.

Gráfico 155: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M6P_ext e M6B ext



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 156: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M6P_ext e M6B ext



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 157: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M6P_ext e M6B ext

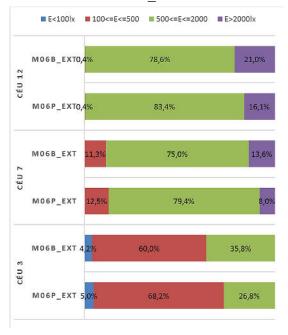


Gráfico 158: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M6P_ext e M6B ext



Fonte: elaborado pela autora

O quadro 32 resume o desempenho dos modelos, onde se concluiu que para *céu encoberto* (CIE 3), ambos obtiveram baixos percentuais dentro do intervalo alvo. O modelo **M6B_ext** (balcão com brises) permitiu melhor performance, contudo apresentou ainda elevado percentual dentro da faixa *aceitável* (100≤E≤500lx). Para o *céu parcialmente encoberto* (CIE 7) *e céu claro* (CIE 12), o modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permitiu os maiores percentuais dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), em todas as orientações, o que possibilitará maior utilização do ambiente interno sem a necessidade de complementação com iluminação artificial. Das orientações analisadas, os menores percentuais dentro da faixa alvo foram obtidos na orientação Norte.

MODELOS

CIE 3

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

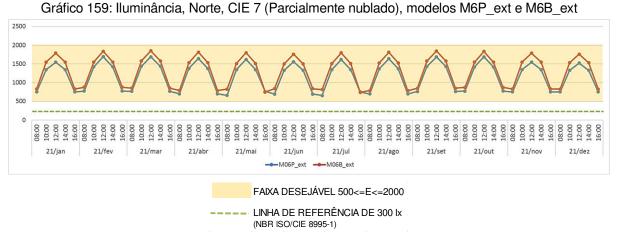
SITUAÇÃO DESEJÁVEL

SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 32: Performance dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Percentual das UDI

4.6.2 Iluminância

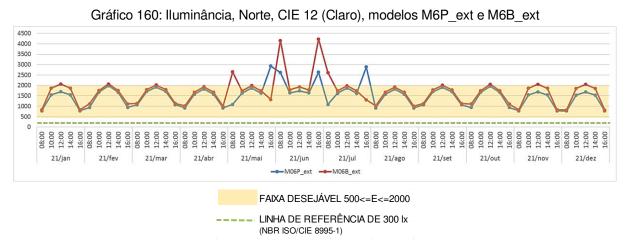
O gráfico 159 apresenta o comportamento para **Norte**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), onde verifica-se que ambos modelos permaneceram no faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) ao longo do ano e, consequentemente, acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). O modelo **M6B_ext** (balcão com brises) apresentou iluminâncias superiores.



Fonte: elaborado pela autora

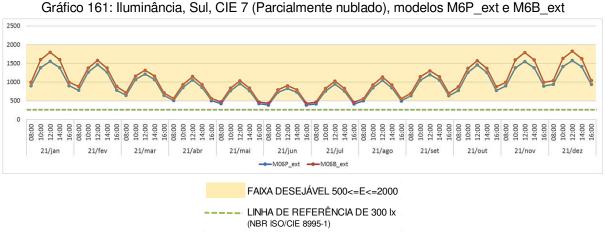
Quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), **Norte,** o gráfico 160 demonstra a ocorrência de maior variação da iluminância no inverno, onde o modelo **M6B_ext** (balcão com brises) apresentou índices mais elevados de luz natural, o que poderá ocasionar perturbação visual no espaço interno. Ressalta-se que esse mesmo modelo obteve índices acima da faixa alvo no verão, às 12h. O modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz), apesar de apresentar comportamento semelhante, tem maior permanência dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) ao longo do ano e índices

de iluminância inferiores no inverno. Ambos modelos se apresentaram acima do limite de 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

Quando orientados para **Sul**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), notase pelo gráfico 161 que os modelos permaneceram dentro do intervalo da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), assim como acima dos 300lx determinados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). O modelo **M6B_ext** (balcão com brises) apresentou valores mais elevados ao longo do ano, principalmente no verão.



Fonte: elaborado pela autora

O gráfico 162 ilustra o comportamento dos modelos para **Sul**, sob condições de *céu claro* (CIE 12), onde é possível observar que, entre fevereiro e outubro, os índices de iluminância foram semelhantes para ambos modelos. O modelo **M6B_ext** (balcão com brises) apresentou índices superiores no verão, excedendo o limite dos 2000lx às 12h, o que poderá gerar desconforto para o usuário. O modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permaneceu dentro do intervalo alvo ao longo de todo o ano. Ambos

modelos se apresentaram acima do limite de 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

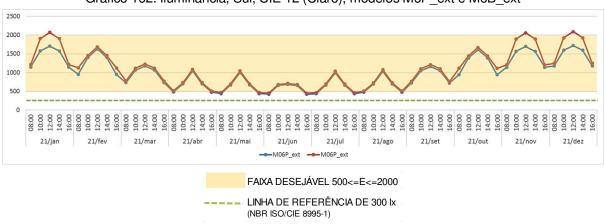
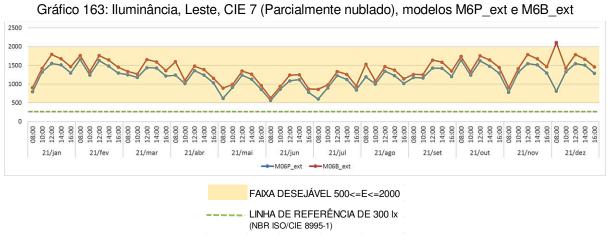


Gráfico 162: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelos M6P_ext e M6B_ext

Fonte: elaborado pela autora

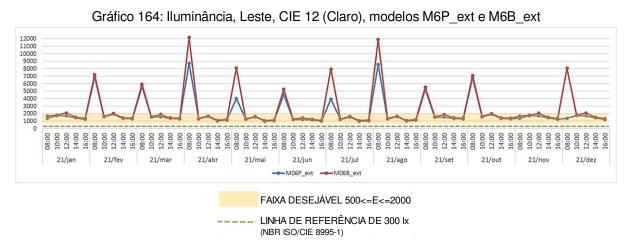
Quando para **Leste**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), pode-se observar que ocorreu maior variabilidade da luz ao longo do ano, mas ainda permanecendo na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) e acima do limite de 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), conforme ilustra o gráfico 163. Excetua-se dessa afirmação o modelo **M6B_ext** (balcão com brises), que apresentou um pico de iluminância às 8h, no mês de dezembro, alcançando valor acima dos 2000lx.



Fonte: elaborado pela autora

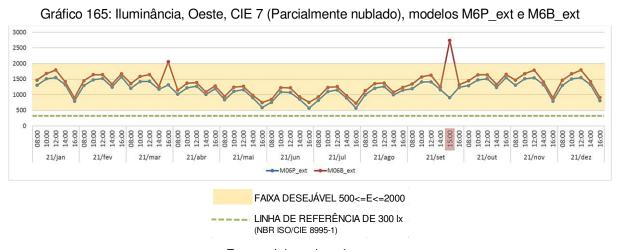
O gráfico 164 apresenta os dados para **Leste**, *céu claro* (CIE 12), onde é possível observar iluminâncias excessivas às 8h para ambos modelos, possivelmente em função da parcela de luz direta proveniente desta orientação, visto que os brises e prateleiras protegem o ambiente do sol somente após esse horário. O modelo

M6B_ext (balcão com brises) apresentou índices mais elevados. No restante de horas do dia, as iluminâncias permaneceram no intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) e acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



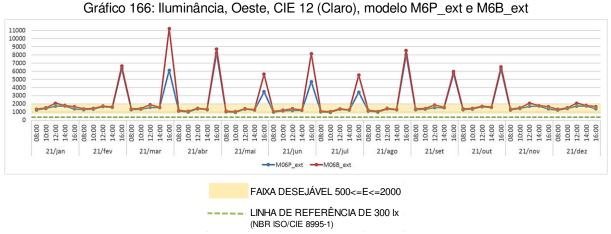
Fonte: elaborado pela autora

Quando orientados para **Oeste**, sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) nota-se que ambos modelos permaneceram na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx) ao longo do ano, assim como acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Entretanto, é possível observar maior desigualdade da luz natural para esta orientação, o que poderá gerar desconforto no ambiente interno (gráfico 165). Novamente o modelo **M4B_ext** (balcão com brises) obteve iluminâncias elevadas, com um pico de iluminância em março, no horário das 16h, que excede os 2000lx. Essa ocorrência foi revisada para o mês de setembro, que possui a mesma trajetória solar, onde se constatou o mesmo excesso de luz, porém às 15h, conforme destacado no gráfico a seguir.



Fonte: elaborado pela autora

O gráfico 166 mostra o comportamento dos modelos sob condições de *céu claro* (CIE 12), **Oeste**, onde é possível observar iluminâncias excessivas (E<2000lx) entre fevereiro e outubro, às 16h, possivelmente em função da parcela de luz proveniente desta orientação. Este período do ano corresponde à maior utilização das salas de aula, o que poderá gerar desconforto visual para os usuários. No verão, nota-se também que ambos modelos permaneceram na faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), contudo, há pouca utilização do espaço interno nessa época em função do recesso escolar. Ambos modelos apresentaram iluminâncias acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).



Fonte: elaborado pela autora

De maneira geral, pode-se concluir que os modelos, quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), permitiram maiores iluminâncias no intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx) e acima dos 300lx recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), o que demonstra maior possibilidade de utilização da luz natural no ambiente interno. Em condições de c*éu claro* (CIE 12), ambos modelos excederam os limites do intervalo alvo quando orientados para Norte, Leste e Oeste, entretanto, mesmo com iluminâncias excessivas, os modelos permitiram mais de 75% dos pontos dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), como é possível verificar através do quadro 33.

MODELOS

CIE 7

CIE 12

N S L O N S L O

SITUAÇÃO DESEJÁVEL

SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 33: Performance dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Iluminância

4.6.3 Uniformidade

Os gráficos 167 e 168 ilustram os percentuais de uniformidade obtidos, onde é possível observar que o modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz) (gráfico 167) permitiu percentuais acima do mínimo recomendado em grande parte das variáveis analisadas, o que demonstra o potencial desse modelo em manter a uniformidade do ambiente interno ao longo do ano. Ressalta ainda que os percentuais que não atingiram o limite mínimo apresentaram-se próximos do recomendado, reforçando o comportamento desse modelo.

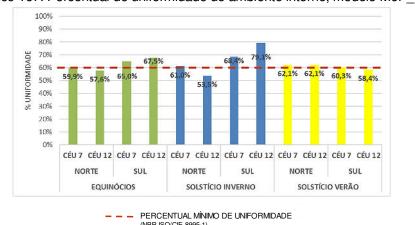


Gráfico 167: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M6P_ext

Fonte: elaborado pela autora

Já o modelo **M6B_ext** (balcão com brises) apresentou percentual inferiores, permitindo uniformidade no ambiente interno nos Equinócios e Solstício de Inverno, mas somente quando orientado para Sul e sob condições de *céu claro* (CIE 12), o que demonstra menor potencialidade do modelo nesse aspecto (gráfico 168).



Gráfico 168: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M6B_ext

Ao final das análises, pode-se concluir que o modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz) apresentou comportamento superior diante das variáveis analisadas, com percentual "desejável" em grande parte das variáveis analisadas, como é possível verificar através do quadro 34. O modelo **M6B_ext** (balcão com brises) não atuou positivamente quanto a uniformidade do ambiente interno.

MODELOS

CIE 7

CIE 12

CIE 7

CIE 12

CIE 7

CIE 12

CIE 7

CIE 12

SITUAÇÃO DESEJÁVEL

SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 34: Desempenho dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Uniformidade

Fonte: elaborado pela autora

4.6.4 Análise do decaimento da luz natural

Os gráficos 169 a 172 apresentam os dados referentes aos **Solstício de Inverno**, **Norte**, para *céu parcialmente nublado* (CIE 7). É possível verificar que os modelos obtiveram iluminâncias mais elevadas próximas às aberturas, principalmente às 12h, com o modelo **M6B_ext** (balcão com brises) permitindo maior prolongamento da luz na profundidade do ambiente. Destaca-se que para este céu, a curva de iluminância das 15h permaneceu dentro do intervalo desejado em ambos modelos. No *céu claro* (CIE

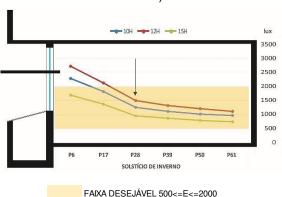
12), observa-se que em ambos modelos as iluminâncias próximas às aberturas são elevadas, principalmente às 12h, o que poderá ocasionar desconforto visual.

Nas regiões mais distantes das aberturas, tanto para *céu parcialmente nublado* (CIE 7) como para *céu claro* (CIE 12), ambos modelos permaneceram no intervalo alvo, o que indica que a iluminação natural irá suprir as necessidades dos usuários. Contudo, no modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz) nota-se um decaimento de mais de 50% da iluminação nos pontos próximos à abertura, mais precisamente no ponto P28 (2,40m da abertura), como pode ser observado através da seta indicativa no gráfico, o que poderá gerar perturbação visual. No modelo **M6B_ext** (balcão com brises) as reduções na curva são menos acentuadas próximo à abertura, gerando menos contrastes na iluminação.

Vale ressaltar que os dados de iluminância apresentados para *céu claro* (CIE 12) foram próximos, o que permitirá maior estabilidade visual para o usuário.

-5%

Gráfico 169: Decaimento da luz, M6P_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



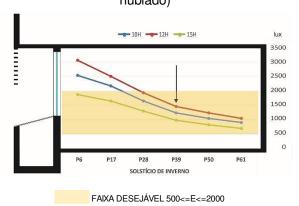
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-20%	-30%	-11%	-9%	-5%			
12H	-22%	-30%	-12%	-8%	-7%			

-30%

15H

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 170: Decaimento da luz, M6B_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)

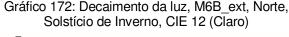


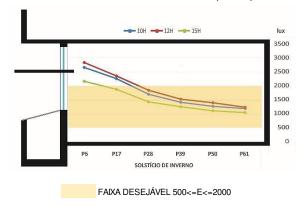
70 DECF	AINILIAIO	1 0111 03	100-30L31. INVENING			
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61	
10H	-15%	-24%	-25%	-15%	-15%	
12H	-18%	-23%	-25%	-15%	-16%	
15H	-11%	-22%	-24%	-15%	-16%	

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOI ST INVERNO

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 171: Decaimento da luz, M6P_ext, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)





	-	►10H	12H 🕶 15	iH		lux
111		*	-	*		3500 3000 2500 2000 1500
P6	P17	P28	P39 DE INVERNO	P50	P61	500

% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-15%	-25%	-17%	-10%	-7%			
12H	-17%	-22%	-17%	-8%	-11%			
15H	-13%	-23%	-12%	-11%	-6%			

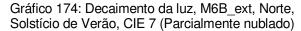
 M DEC → INTRE OS →

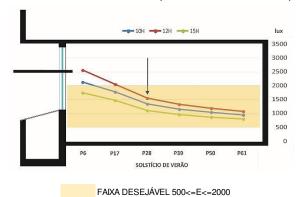
Fonte: elaborado pela autora

Os gráficos 173 e 176 ilustram a curva de decaimento para o **Solstício de Verão**, **Norte**, condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), onde é possível verificar iluminâncias mais elevadas próximas às aberturas no modelo **M6B_ext** (balcão com brises), principalmente às 10h e 12h, mantendo-se acima da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx). Para *céu claro* (CIE 12), gráficos 175 e 176, o modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permitiu menores iluminâncias próximas às aberturas, o que poderá ocasionar maior conforto visual.

A curva de iluminância apresentada pelos modelos, quando em condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) e *céu claro* (CIE 12), apresentou-se dentro do intervalo alvo nos pontos mais distantes das aberturas, o que permitirá a utilização do espaço sem necessidade de complementação com iluminação artificial. Contudo, o modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz), quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), apresentou deflexões elevadas próximo às aberturas, o que poderá ocasionar desconforto ao usuário em função dos contrastes da luz no ambiente interno. Entretanto, esse mesmo modelo possibilitou estabilidade da luz interna nos pontos mais distantes da abertura, principalmente quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), demonstrando que o modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz), contribuiu para o menor contraste da iluminação nessa região da sala de aula. No modelo **M6B_ext** (balcão com brises), apesar das iluminâncias elevadas, a curva apresentou-se com reduções mais equilibradas entre os pontos de medição, em ambos os céus.

Gráfico 173: Decaimento da luz, M6P_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)





		-	► 10H	12H 	Н		lux
-							3500
3 11-	1						3000
E -	-	1					2500
- 11-	-		1				2000
		-	-	1			1500
			_		-	=	1000
						_	500
							0
	P6	P17	P28	P39	P50	P61	7
			18073-00170-0170-017	DE VERÃO			

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-16%	-24%	-14%	-10%	-9%			
12H	-20%	-24%	-15%	-10%	-9%			
15H	-16%	-24%	-14%	-9%	-8%			

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

 10H
 -16%
 -24%
 -23%
 -14%
 -13%

 12H
 -17%
 -24%
 -23%
 -14%
 -13%

 15H
 -13%
 -22%
 -22%
 -13%
 -13%

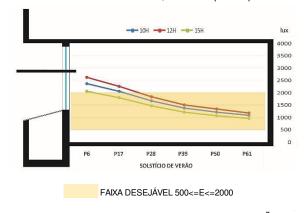
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

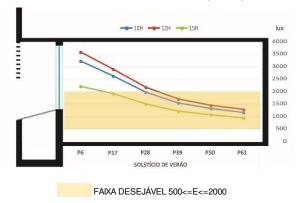
Fonte: elaborado pela autora

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 175: Decaimento da luz, M6P_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)

Gráfico 176: Decaimento da luz, M6B_ext, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)





% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERAO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-13%	-19%	-17%	-11%	-11%			
12H	-14%	-19%	-18%	-11%	-12%			
15H	-13%	-19%	-17%	-11%	-11%			

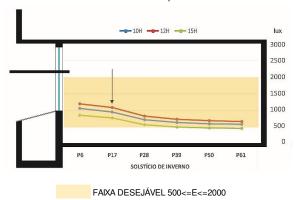
% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERAO								
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61			
10H	-18%	-25%	-22%	-15%	-12%			
12H	-19%	-25%	-22%	-15%	-12%			
15H	-13%	-22%	-19%	-13%	-11%			

Fonte: elaborado pela autora

Fonte: elaborado pela autora

Os modelos quando orientados para **Sul**, no **Solstício de Inverno** (gráficos 177 e 180), apresentaram iluminâncias mais elevadas próximas às aberturas, em ambos os tipos de céu. Contudo, essas iluminâncias permaneceram dentro da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), o que permitirá o aproveitamento da luz natural no ambiente interno durante todo o dia sem causar desconforto ao usuário. Quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7), os modelos apresentaram iluminâncias mais elevadas.

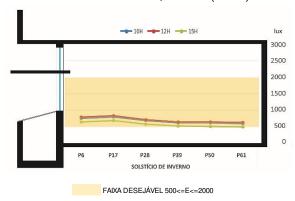
Gráfico 177: Decaimento da luz, M6P_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-10%	-24%	-11%	-6%	-4%
12H	-10%	-24%	-11%	-5%	-4%
15H	-11%	-26%	-11%	-6%	-4%

Gráfico 179: Decaimento da luz, M6P_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)

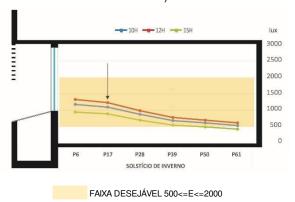


% DEC	MENTO I	ENTRE OS	PONTOS -	SOLST. IN	IVERNO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P6
4011	C0/	1.40/	100/	40/	00/

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	6%	-14%	-10%	-1%	-3%
12H	6%	-14%	-9%	0%	-3%
15H	6%	-17%	-9%	-1%	-2%

Fonte: elaborado pela autora

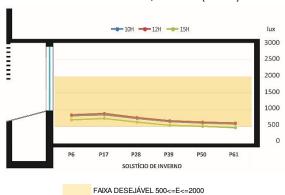
Gráfico 178: Decaimento da luz, M6B_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO						
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61	
10H	-7%	-20%	-21%	-11%	-12%	
12H	-7%	-20%	-20%	-10%	-12%	
15H	-7%	-20%	-22%	-11%	-13%	

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 180: Decaimento da luz, M6B_ext, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



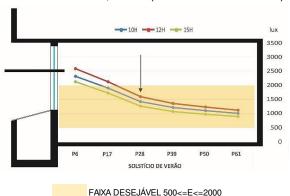
% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERN						
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61	
10H	4%	-14%	-13%	-5%	-6%	
12H	4%	-13%	-13%	-5%	-6%	
15H	6%	-14%	-15%	-5%	-7%	

Fonte: elaborado pela autora

Ao se verificar o comportamento dos modelos no Solstício de Verão, Sul, sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12), é possível verificar através dos gráficos 181 a 184 que ambos modelos obtiveram iluminâncias acima da faixa desejável (500≤E≤2000lx) próximo às aberturas. Contudo, o modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz) permitiu valores de iluminância mais próximos da faixa alvo, o que poderá acarretar maior conforto ao usuário.

Verifica-se ainda que ambos modelos apresentaram iluminâncias dentro da faixa desejável (500≤E≤2000lx) na região mais distante da abertura, atendendo às necessidades do usuário. O modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz) apresentou redução acentuada da curva de iluminação na região mais próxima das aberturas, principalmente quando sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), como é possível notar pela seta indicativa no gráfico, o que poderá gerar perturbação visual. Já nas condições de céu claro (CIE 12), foram obtidas deflexões mais equilibradas nesse modelo, permitindo, inclusive, índices de iluminância semelhantes nos diferentes horários do dia, o que poderá ocasionar maior estabilidade da luz no ambiente interno. Já o modelo M6B_ext (balcão com brises) permitiu reduções mais equilibradas entre os pontos de medição, o que poderá reduzir a variabilidade da luz até a região mais distante da abertura.

Gráfico 181: Decaimento da luz, M6P_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)

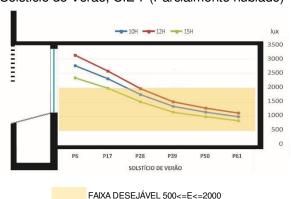


% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-18%	-25%	-14%	-10%	-9%
12H	-18%	-24%	-15%	-10%	-9%
15H	-19%	-26%	-15%	-10%	-8%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 182: Decaimento da luz, M6B_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)

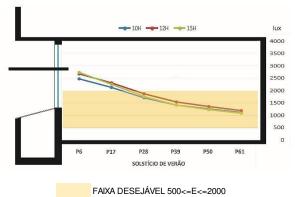


% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61	
10H	-17%	-24%	-23%	-14%	-14%	
12H	-18%	-24%	-23%	-15%	-14%	
15H	-15%	-24%	-24%	-14%	-14%	

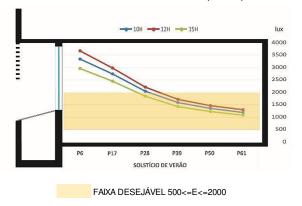
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 183: Decaimento da luz, M6P_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO							
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61		
10H	-14%	-19%	-17%	-11%	-11%		
12H	-14%	-19%	-18%	-11%	-12%		
15H	-17%	-22%	-20%	-12%	-12%		

Gráfico 184: Decaimento da luz, M6B_ext, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERAO						
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61	
10H	-18%	-25%	-22%	-15%	-12%	
12H	-19%	-25%	-22%	-15%	-12%	
15H	-17%	-25%	-22%	-14%	-12%	

Fonte: elaborado pela autora

Desta maneira, pode-se concluir que no modelo **M6B_ext** (balcão com brises) as iluminâncias próximas às aberturas são mais elevadas, indicando maior contraste e ocasionando desconforto visual. Já o modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz) permitiu iluminâncias inferiores na região próximas às aberturas, em especial para *céu claro* (CIE 12), no Solstício de Verão, possivelmente em função dos elevados ângulos solares dessa época do ano. Contudo, deve-se ressaltar que ambos modelos apresentaram iluminâncias dentro do intervalo útil e com menores reduções da iluminação entre os pontos quando orientados para Sul, no Solstício de Inverno, o que poderá ocasionar maior estabilidade da luz no ambiente interno e maior conforto visual para os usuários.

Ainda, o modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz), apesar das iluminâncias reduzidas em comparação ao modelo M6B_ext (balcão com brises), apresenta deflexões acentuadas da luz próximo da abertura, o que poderá ocasionar perturbação visual para quem se localiza nessa região. Ainda, esse mesmo modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz) permitiu maior estabilidade da iluminância no ambiente interno nos pontos mais distantes da abertura, o que poderá ocasionar menor contraste e também maior conforto visual. O modelo M6B_ext (balcão com brises), mesmo permitindo iluminâncias mais elevadas próximas às aberturas, apresentou uma curva de decaimento com deflexões menos acentuadas entre os pontos, o que poderá proporcionar iluminância mais estável no ambiente interno.

Pode-se observar através do quadro 35 que, ao final das análises, os modelos apresentaram comportamento semelhante no Solstício de Inverno, com mais de 75% dos pontos dentro da faixa alvo, considerada "situação desejável". Assim como no Solstício de Verão, céu claro (CIE 12), com ambos modelos obtendo permanecendo na "situação aceitável"

SOLST. INVERNO SOLST. VERÃO **MODELOS** CIE 7 **CIE 12** CIE 7 **CIE 12** S Ν S N N S M06P ext M06B_ext SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL

Quadro 35: Performance dos modelos M6P ext e M6B ext na análise de Decaimento d Luz Natural

Fonte: elaborado pela autora

O quadro 36 apresenta um resumo das análises, onde, no que se refere aos *Percentuais da UDI*, pode-se concluir que os modelos, quando sob condições de *céu parcialmente nublado* (CIE 7) como para *céu claro* (CIE 12) obtiveram iluminâncias elevadas dentro da faixa alvo, com o modelo **M6P_ext** (balcão com prateleiras de luz) apresentando os maiores percentuais, o que permitirá a utilização da luz natural no ambiente interno na maior parte do ano. O modelo **M6B_ext** (balcão com brises) permitiu iluminância superior ao outro modelo somente quando sob condições de *céu encoberto* (CIE 3).

Ao se analisar a *Iluminância*, apesar dos índices excessivos apresentado pelos modelos, principalmente quando sob condições de *céu claro* (CIE 12), ambos permitiram mais de 75% dos pontos dentro do intervalo *desejável* (500≤E≤2000lx), o que permitirá uso da luz natural no ambiente interno.

Quanto à "Uniformidade", destaca-se o desempenho do modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz), que alcançou percentuais acima do limite mínimo recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) em grande parte das variáveis analisadas, o que demonstra potencial resposta do modelo nesse aspecto. Já o modelo M6B_ext (balcão com brises) alcançou percentuais inferiores, caracterizando grande parte de seus resultados como "aceitáveis".

Verificando-se o "Decaimento da Luz Natural", é possível notar que grande parte da iluminância obtida dentro do intervalo alvo foi apresentada pelo modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz). Ainda, nota-se que no Solstício de Verão houve maior ocorrência de situações dentro do intervalo "aceitável", ou seja, entre 75% e 50% da iluminância no intervalo alvo, o que demonstra possível desconforto ao usuário na utilização do espaço interno.

Quadro 36: Síntese das análises, com destaque para a melhor performance entre os modelos M6P_ext e M6B ext

	PERCENTUAL DAS UDI				ı	ILUMINÂNCIA							UNIFORMIDADE																								
	(500≤E≤2000lx)						(50	00≤E:	≤200	00lx	:)		EC	QUIN	IÓCI	os	SOL	ST. I	NVE	RNO	S	DLST.	VER	ÃO	SOI	LST. I	NVE	RNO	SC	OLST.	VER	ÃO					
MODELOS	MODELOS CIE 3 CIE 7 CIE 12								CIE	12		CI	E 7	CIE	CIE 12		CIE 7 CIE 12		12	С	IE 7	CII	12	CI	E 7	CIE	12	C	IE 7	CII	E 12						
WIODELOS	Ν	S L	0	N	S	L O	Ν	S	L	0	N	SL	. 0	N	S	L	0	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
M06B_ext M06P_ext																																					
SITUAÇÃO DESEJÁVEL SITUAÇÃO ACEITÁVEL SITUAÇÃO INDESEJÁVEL																																					

Fonte: elaborado pela autora

4.7 Comparação final entre os modelos

Este item faz um diagnóstico final acerca dos modelos analisados nesta pesquisa, de forma a verificar o desempenho apresentado por todos os modelos estudados. O quadro 37 reúne o percentual de pontos obtidos dentro do intervalo alvo (500≤E≤2000lx) para cada modelo, em cada aspecto analisado, com a classificação dos percentuais dentro dos aspectos considerados "situação desejável" (acima de 75% de pontos dentro do intervalo alvo); "situação aceitável" (entre 75% e 50% dos pontos dentro do intervalo alvo); e "situação indesejável" (abaixo de 50% dos pontos dentro do intervalo alvo).

No que se refere aos percentuais das UDI:

 Para céu encoberto (CIE 3), mesmo todos os modelos sendo classificados como "situação indesejável", ou seja, com menos de 50% dos pontos de iluminância dentro do intervalo alvo, os dispositivos M1B (balcão, com brises) e M2B (sem balcão, com brises) apresentaram melhor performance nessa

- condição de céu, onde os maiores percentuais dentro da faixa alvo encontramse nestes modelos. Ressalta-se que nessa condição de céu, não houve variação dos dados diante das diversas orientações analisadas (Norte, Sul, Leste e Oeste).
- Para céu parcialmente nublado (CIE 7) e céu claro (CIE 12), todos os resultados se apresentaram na "situação desejável", com pequenas variações percentuais entre os modelos. Destaca-se o modelo M5P_int (balcão com prateleiras de luz), que permitiu maior percentual de pontos dentro do intervalo alvo. A exceção ocorreu quando orientado para Sul, nas condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), obtendo o menor percentual. Para esta orientação (Sul), sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7), o maior percentual dentro da faixa alvo foi apresentado pelo modelo M2P (sem balcão, com prateleiras de luz) e M4P_ext (balcão com prateleiras de luz), tendo estes, desempenhos iguais. Já os modelos M3P_int (balcão com prateleiras de luz) e M5P_int (balcão com prateleiras de luz), ambos associados a prateleiras de luz e com balcões inclinados para a área interna mas com inclinações diferentes permitiram menores percentuais na faixa excessiva, permitindo maior admissão da luz na faixa "desejável" (500≤E≤2000lx).

No que se refere à *lluminâncias:*

- Para céu parcialmente nublado (CIE 7), todos os modelos apresentaram mais de 75% da iluminância anual dentro do intervalo alvo (500≤E≤2000lx), considerado como "situação desejável". As análises mostraram também que não ocorreram diferenças percentuais consideráveis entre os modelos quando dispunham, ora de prateleira de luz, ora de brises, sendo que este último (brises) permitiu iluminâncias mais elevadas ao longo do ano em todas as variáveis analisadas.
- Para céu claro (CIE 12), o desempenho dos modelos também se apresentou satisfatório, com mais de 75% dos pontos dentro da faixa alvo em grande parte das análises. Excetua-se dessa afirmação os modelos M1B (balcão com brises) e M2B (sem balcão, com brises), ambos associados aos brises, que permitiram o menor número de pontos dentro do intervalo desejável (500≤E≤2000lx), principalmente quando orientados para Norte, o que

demonstra a influência dos balcões refletores nesse aspecto, já que os demais modelos, sob as mesmas variáveis, alcançou percentual considerado "desejável". A orientação Sul permitiu iluminâncias acima de 75% para todos os modelos. Nas orientações Leste e Oeste, mesmo com iluminâncias excessivas às 8h e 16h, respectivamente, não influenciou o percentual mínimo determinado como "situação desejável" (≥75%).

Destaca-se ainda nesta análise que, em todas as orientações estudadas e para todos os céus analisados, os modelos com balcão inclinado para o exterior (modelos "M4" e "M6"), independente de sua associação a prateleiras de luz ou brises, obtiveram iluminâncias superiores ao longo do ano, enquanto que os modelos com balcão inclinado para a área interna (modelos "M3" e "M5"), sob as mesmas condições, permitiram iluminâncias inferiores. Os modelos "M1" e "M2" apresentaram valores mais próximos dos 2000lx ao longo do ano, o que demonstra que a não alteração da dimensão dos balcões refletores ou a ausência dele, como no caso dos modelos "M2", contribui para o aumento da luz excessiva nas salas de aula, independente da associação aos brises e/ou prateleiras de luz.

No que se refere à *Uniformidade:*

- Para céu parcialmente encoberto (CIE 7), pode-se observar que essa condição de céu permitiu percentuais inferiores, para todos os modelos, principalmente quando orientados para Norte, nos Equinócios. Excetua-se dessa afirmação os modelos M4P_ext (balcão com prateleiras de luz) e M6P_ext (balcão com prateleiras de luz), que, além de terem alcançado os percentuais mínimo para Norte no Solstício de Verão, ainda apresentaram percentuais elevados no Solstício de Inverno, em ambas as orientações analisadas, resposta esta que reflete o potencial dos modelos nesse aspecto.
- Para céu claro (CIE 12) pode-se verificar que todos os modelos, quando associados aos brises e orientados para Norte, no Solstício de Inverno não alcançaram o percentual mínimo de uniformidade recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), o que demonstra uma não adaptabilidade do brise à essas condições, independente do formato do balcão. Ressalta-se que os modelos M1P (balcão com prateleiras de luz) e M2P (sem balcão, com prateleiras de luz) também não permitiram o percentual mínimo de

uniformidade, quando sob as mesmas condicionantes. Diante dos aspectos analisados, pode-se concluir com esta análise que os balcões refletores, quando inclinados para a área externa e quando associados a prateleiras de luz, permitiram maior alcance da uniformidade mínima recomendada para o ambiente interno, sendo o modelo M6P_ext (balcão com prateleiras de luz) e o modelo M4P_ext (balcão com prateleiras de luz) os que apresentaram o maior número de situações "desejáveis" (≥60).

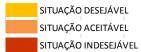
No que se refere à Análise de Decaimento da Luz Natural:

• Para céu parcialmente nublado (CIE 7), foi possível observar que os modelos M3P_int (balcão com prateleiras de luz) e M5P_int (balcão com prateleiras de luz) permitiram um maior número de pontos da curva de decaimento dentro do intervalo alvo, seguido pelos modelos M4P_ext (balcão com prateleiras de luz) e M6P_ext (balcão com prateleiras de luz). Ressalta-se que nesses modelos os balcões são inclinados, ora para a área interna, ora para a área externa, e todos estão associados a prateleiras de luz, o que demonstra potencial qualitativo da luz interna quando da associação destes dispositivos. Contudo, deve-se ressaltar que, nesta análise, o comportamento dos modelos com brise apresentou-se semelhante ao dos modelos com prateleiras de luz, com destaque para o M3B_int (balcão com brises), M5B_int (balcão com brises) e M6B_ext (balcão com brises), com desempenho inferior somente quando orientados para Norte, no Solstício de Verão, sob condições de céu parcialmente nublado (CIE 7).

Vale destacar ainda nesta análise que, mesmo a prateleira de luz se mostrando superior, ocasionou também deflexões mais acentuadas da luz interna, principalmente no Solstício de Inverno, Sul, e Solstício de Verão, Norte, em ambas as condições de céu, o que poderá gerar maior contraste entre a iluminâncias, com potencial desconforto para os usuários. Já os modelos com brises, mesmo apresentando iluminâncias superiores próximas das aberturas, permitiu maior equilíbrio da luz no ambiente interno, com reduções menos acentuadas entre os pontos da curva de decaimento, o que poderá gerar maior conforto no ambiente interno.

Quadro 37: Tabela síntese final com o desempenho de todos os modelos nas variáveis analisadas

	PERCENTUAL DAS UDI (500≤E≤2000ix) ILUMINÂNCIA (500≤E≤2000ix)					v)	UNIFORMIDADE DECAIMENTO DA LUZ NAT								TUR	AL																								
	Н				AL D			(300)3L32				"			VCIA	(300			^)	EQUINÓCIOS SOLST. IN								VER		SOL						VERÂ			
MODELOS	N		E3 L	0	N	S	E /	0	N	S	_	0	N	S	L	0	N	S	. 12 L	0	N		N	<u>S</u>	N	S		12 S	CII N		CIE N		CII N	S	CIE	S 12	CIE N	_	CIE N	
MO1P	31,3%	31,3%	31,3%	31,3%	%8′69	74,0%	76,8%	77,1%	%8′02	76,5%	76,3%	77,5%	100%	%06	100%	100%	75%	83%	%08	85%	26,5%	61,8%	23,5%	%0′59	57,1%	65,3%	49,2%	76,0%	59,1%	22,0%	29,3%	54,2%	. 28%	86%	26%	100%	83%	72%	72%	%29
MO18	38,9%	38,9%	38,9%	38,9%	%2′99	73,1%	72,2%	73,1%	%8'99	74,1%	72,1%	72,8%	%76	%06	%86	%86	48%	75%	%59	72%	50,2%	55,2%	%5′05	%6'09	49,0%	22,8%	41,9%	70,4%	52,3%	50,4%	54,2%	20,0%	%29	94%	%95	94%	%29	61%	%95	20%
M2P	31,4%	31,4%	31,4%	31,4%	%8′69	74,4%	%8′9′	77,2%	71,3%	%6′92	%6'92	%9′22	700%	%06	100%	100%	% 5 <i>L</i>	83%	82%	85%	%5′95	61,7%	%6′83	64,6%	27,1%	65,2%	49,4%	75,8%	%0′65	22,0%	%5′65	54,5%	%8 <i>L</i>	%68	26%	100%	83%	72%	%77	%29
M2B	39,0%	39,0%	39,0%	39,0%	66,1%	72,9%	72,0%	72,9%	66,1%	73,9%	71,9%	72,4%	%88	%06	%86	%86	47%	75%	62%	20%	%0'09	54,8%	%5′05	60,4%	49,0%	22,0%	41,4%	69,2%	25,0%	50,2%	54,0%	50,2%	%29	94%	26%	94%	%29	61%	%95	20%
May interest to the second sec	24,7%	24,7%	24,7%	24,7%	74,2%	73,5%	80,6%	80,8%	79,2%	78,2%	86,4%	87,0%	100%	83%	100%	100%	886	83%	85%	85%	28,3%	62,5%	26,3%	64,4%	59,1%	66,3%	25,6%	76,4%	60,2%	58,7%	60,2%	27,0%	83%	83%	72%	83%	%68	83%	%68	72%
M3B int	33,1%	33,1%	33,1%	33,1%	%5′02	73,3%	%8′9′	77,2%	%9′5′	76,1%	83,5%	84,0%	100%	%06	%86	%86	886	83%	83%	85%	22,0%	56,1%	53,7%	61,2%	20,5%	58,9%	41,8%	71,3%	23,8%	52,2%	%6'29	52,8%	78%	86%	%29	%68	83%	72%	78%	%29
M4P_ext	28,5%	28,5%	28,5%	28,5%	72,3%	74,4%	78,6%	79,0%	74,1%	%0'22	81,3%	82,3%	100%	%06	100%	100%	85%	83%	83%	85%	28,7%	64,0%	25,9%	%2'99	60,2%	67,5%	53,3%	78,1%	61,2%	59,2%	61,3%	26,8%	83%	89%	%29	94%	83%	78%	72%	%29
M4B_ext	37,1%	37,1%	37,1%	37,1%	%2′89	73,1%	74,0%	74,6%	%1′69	74,7%	%8'92	77,2%	100%	%06	%86	%86	72%	75%	75%	78%	21,0%	25,6%	51,8%	%8′09	%0′05	27,8%	42,9%	%2'69	25,8%	51,1%	54,5%	51,1%	72%	94%	26%	94%	72%	61%	%95	20%
MSP_int	24,6%	24,6%	24,6%	24,6%	74,3%	73,5%	80,7%	80,9%	%9'62	78,3%	86,7%	87,7%	100%	83%	100%	100%	886	83%	85%	83%	58,4%	62,3%	56,1%	63,6%	%8′65	66,2%	52,8%	75,2%	%6′69	58,6%	29,3%	56,3%	83%	83%	72%	89%	86%	83%	%68	72%
M5B_int	33,8%	33,8%	33,8%	33,8%	69,2%	72,6%	75,7%	76,0%	74,0%	72,7%	81,6%	81,9%	100%	%06	%86	826	886	85%	83%	83%	50,2%	54,2%	51,1%	58,7%	49,3%	57,0%	41,7%	68,5%	51,7%	50,3%	53,2%	50,8%	78%	89%	61%	86%	78%	72%	%29	61%
M6P_ext	26,8%	26,8%	26,8%	26,8%	72,4%	74,2%	79,4%	%6'62	76,4%	77,4%	83,4%	84,3%	100%	%06	100%	100%	886	83%	85%	85%	%6′69	%0,59	22,6%	67,5%	61,0%	68,4%	23,5%	79,1%	62,1%	%8'09	62,1%	58,4%	83%	86%	72%	94%	83%	78%	72%	%29
M68_ext	35,8%	35,8%	35,8%	35,8%	69,2%	73,2%	75,0%	75,5%	71,4%	75,5%	%9′8′	79,4%	100%	%06	%86	%86	82%	85%	75%	%08	51,0%	55,4%	51,9%	%9'09	50,1%	22,8%	42,4%	%5′69	52,7%	51,1%	54,4%	51,4%	78%	%68	61%	94%	78%	72%	%29	%95



5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa procurou conhecer o comportamento da luz natural frente ao uso de elementos de fachada que possam auxiliar na admissão e distribuição da luz no ambiente interno. Através da metodologia adotada, baseada em simulações computacionais, buscou-se resultados que contribuam para discussões acerca do uso de dispositivos externos nas edificações.

As questões que definem a importância da luz natural para a saúde dos seres humanos são de grande importância para o entendimento de sua influência no comportamento e desempenho dos usuários dos espaços internos. Essa influência ganha maior relevância quando se trata do uso da luz natural nos ambientes escolares, tornando-se determinante para uma melhor assimilação do conhecimento, permitindo também um ambiente mais favorável para o processo de aprendizagem. Entretanto, a admissão deste recurso nos ambientes internos deve ser pautada em diretrizes que garantam uma iluminação equilibrada e que permita a execução das mais variadas tarefas de forma segura e com conforto, satisfazendo as demandas existentes para cada atividade.

Nesse contexto, esta pesquisa buscou qualificar o desempenho de elementos de fachada na disponibilidade de iluminação natural, tendo como base a sala de aula padrão do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) campus Colatina.

Diante dos resultados apresentados, foi possível concluir que a inserção dos balcões refletores influenciou na admissão e distribuição da luz no ambiente interno. A existência de uma superfície refletora próxima aos peitoris das janelas influenciou nos resultados apresentados, independente de sua associação ora à prateleira de luz, ora aos brises. Constatou-se também que a utilização deste dispositivo externo em sua situação real (modelos "M1") e/ou da sua inexistência (modelos "M2") permitiram iluminâncias mais elevadas no ambiente interno, comprometendo a distribuição e, consequentemente, a uniformidade da luz no espaço interno.

Quanto à associação dos balcões refletores à prateleiras de luz e aos brises, foi possível concluir que o uso de prateleiras se mostrou superior, havendo maior admissão da luz dentro da faixa *desejável* (500≤E≤2000lx), com reduções das iluminâncias excessivas e uma melhor distribuição da luz natural. Foi possível concluir também que a associação

dos balcões refletores a prateleiras de luz permitiu, de maneira considerável, maior uniformidade da iluminância no ambiente interno. Entretanto, deve-se ressaltar que os resultados apresentados pelos modelos associados aos brises, mostrou-se igual ou pouco inferior ao obtido pelos balcões associados à prateleira de luz, o que demonstra adequabilidade dos dispositivos diante das variáveis analisadas. Ressalta-se a importância deste aspecto, visto que na situação do ambiente utilizado nesta pesquisa, uma sala de aula padrão do Ifes *campus* Colatina, a utilização de brises se apresentaria mais adequada e com menor impacto, visto a maior facilidade de instalação deste dispositivo quando comparado com a instalação de prateleiras de luz, a qual envolveria trocar ou adequar as esquadrias já existentes.

Sendo assim, conclui-se que uma abordagem correta acerca dos elementos externos à fachada poderá contribuir para a condição da luz natural no ambiente interno. Acreditase que a principal contribuição deste trabalho consiste na qualificação e otimização do desempenho de elementos externos, no que se refere à adequação da luz para os usuários e aumento do potencial de iluminação nos espaços internos.

Por fim, entende-se que o objetivo incialmente proposto por esta pesquisa foi alcançado. A realização desta permitiu um aprofundamento da temática e direcionamento de trabalhos futuros envolvendo superfícies refletores e sua integração com diferentes dispositivos externos, de forma a buscar novas estratégias que possam contribuir com o uso da luz natural na arquitetura.

Limitações da pesquisa

O trabalho é limitado em relação aos seguintes aspectos:

- Não foi abordado o desempenho dos elementos de fachada quanto ao conforto térmico;
- Por se tratar de simulação computacional, esta pesquisa não abordou a opinião dos usuários, de forma a verificar aspectos qualitativos do ambiente interno;
- Não foi avaliada a associação dos balcões a outros formatos de brises e prateleiras de luz;

 A pesquisa se restringe a ambiente escolares, com características físicas similares ao ambiente em estudo, como pé-direito, dimensões e cores internas.

Pesquisas futuras

De acordo com o que foi analisado, sugerem-se pesquisas futuras a respeito dos dispositivos externos à fachada, que tratem:

- Aprofundamento do estudo de desempenho luminoso dos balcões refletores, frente à diferentes tipos e formatos;
- Aprofundamento do estudo da associação de diferentes dispositivos externos, de forma a se aperfeiçoar o tratamento da luz natural nos ambientes;
- Comportamento da luz natural interna frente à diferentes índices de refletância dos dispositivos de fachada, em especial os balcões refletores;
- Avaliação do comportamento dos usuários frente à inserção de dispositivos externos de fachada;
- Verificação do comportamento dos dispositivos externos quando associado à diferentes formas e dimensões de brises e prateleiras de luz;
- Correlação entre o desempenho dos elementos de fachada e o tipo de vidro utilizado;
- Comportamento dos balcões refletores associados a prateleiras de luz e brises em diferentes latitudes.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. S. C. de; AMORIM, C. N. D. Iluminação natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R. **Ambiente Construído**, [s.n.], v. 12, n. 2, p.37-57, abr. 2012.

ALUCCI, M. P. Manual para dimensionamento de aberturas e otimização da iluminação natural na arquitetura. São Paulo: FAUUSP, 2006. 84 p.

ARAÚJO, M. R.; GONÇALVES, V.; CABÚS, R. C. Análise da iluminação natural a partir de elementos vazados. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Encac, 2007. p. 0 - 0.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. 1ª ed. Rio de Janeiro: [s.i], 2013. 46 p.

BACICHETI, R.; CARDOSO, L.; SARDEIRO, P. Desempenho geométrico de um brise soleil: um estudo sobre seu impacto na iluminação e ventilação natural em uma sala de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Entac, 2016. p. 1577 - 1586.

BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylight Design of Buildings**. London: James & James, 2002.

BARBIERI, I. M. V.; LARANJA, A. C.; ALVAREZ, C. E. The Performance of windows in relation to the amount of daylight availability. In: SUSTEINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT, [s.i.]., 2016, Vitória. **Anais...** Vitória: SBE16, 2016. p. 285 - 294.

BARBOSA, C. V. T. Percepção da iluminação no espaço da arquitetura: preferências humanas em ambientes de trabalho. 2010. 251 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BECK, L. M.; ZOCCOLI, A.; FRANÇA, A. B.; PEREIRA, F. O. R.; FONSECA, R. W. da. Estudo das medidas dinâmicas de desempenho da luz natural frente às preferências dos usuários. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Entac, 2016. p. 524 - 537.

BELLIA, L.; PEDACE, A.; BARBATO, G. Daylighting offices: A first step toward an analysis of photobiological effects for design practice purposes. **Building And Environment**, [s.l.], v. 74, p.54-64, abr. 2014. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.021

BERARDI, U.; ANARAKI, H. K. Analysis of the Impacts of Light Shelves on the Useful Daylight Illuminance in Office Buildings in Toronto. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 78, p.1793-1798, nov. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.310.

BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.. Avaliação da interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares: estudo de caso em Campinas - SP. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 3., 2001, São Pedro. **Anais...** São Paulo: ENCAC, ELACAC, 2001.

BERTOLOTTI, D. **Iluminação natural em projeto de escolas:** uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares:** diretrizes para arquitetos. 4. ed. Alagoas: Edufal, 2004. 110 p.

CABÚS, R. C. Influência da luz refletida no solo na iluminação natural nos trópicos: comparando o desempenho dos protetores solares. In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENTAC, 2004.

CABÚS, R. C. Troplux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE

CONSTRUÍDO, 8,6. 2005, Maceió. **Anais....** Maceió: ENCAC/ELACAC, 2005. p. 240 - 249.

CAMPOS, N. L. F.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; LAMBERT, J. A.; DURANTE, L. C. Avaliação de desempenho térmico de edificação pública em Cuiabá, MT: estudo de caso. **Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 7, n. 7, p.1670-1688, jun. 2012.

CÂNDIDO, C.; TORRES, S.; CABÚS, R. C., Análise da utilização de prateleiras de luz em edifício de pesquisa da UFAL, Maceió-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 4., 2005, Maceió. **Anais...** . Maceió: ENCAC, ELACAC, 2005. p. 280 - 288.

CARLUCCI, S.; CAUSONE, F.; DE ROSA, F.; PAGLIANO, L. A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design. **Renewable And Sustainable Energy Reviews,** [s.l.], v. 47, p.1016-1033, jul. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.062.

CARMODY, J., SELKOWITZ, S., HERSCHONG, L. Residential Windows, a guide to new Technologies and energy performance. W.W. Norton & Company, New York, 1996.

CARVALHO, M.; CABÚS, R. C. A influência do número de peças de dispositivos de sombreamento para o comportamento da luz solar refletida em sala de aula na cidade de Maceió. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ENTAC, 2016. p. 620 - 633.

CASTANHEIRA, L. M. Estudo da influência da luz natural na qualidade da iluminação e na eficiência energética. 2012. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

CINTRA, M. S. **Arquitetura e luz natural:** a influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais. 2011. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. CIE S 011.2/E:2002 Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky. Vienna, Austria, 2002.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos. Rio de Janeiro: Revan, 2003. 288 p.

CZEISLER, C. A.; GOOLEY, J. J. Sleep and Circadian Rhythms in Humans. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, 72, p. 579 – 597, 2007.

CRUZ E SILVA, V. de S. A influência dos protetores solares no comportamento da luz natural em edifícios de escritórios. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

DELIBERADOR, M. S.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Os elementos de conforto no processo de projeto escolas no estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11, 7., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: ENCAC, ELACAC, 2011.

DIAS, A. F. A. **Análise do uso da luz natural em salas de aula: estudo do caso em Aracaju - SE.** 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

EUROPEAN ENERGY COMMISSION. *Daylighting in buildings.*.Dublin, Ireland: **Energy Research Group**, School of Architecture, University College Dublin Richiew Clonskeagh, 1994.

FASSINA, S. P.; LARANJA, A. C. Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: o caso do Instituto Federal do Espírito Santo - campus Colatina. In: SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT - SBE16, 2016, Vitória. **Anais...** . Vitória: SBE16, 2016, p. 79 – 88.

FASSINA, S. P.; LARANJA, A. C. Elementos de fachada e o desempenho da iluminação natural em salas de aula: o caso do Instituto Federal do Espírito Santo - campus Colatina. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENTAC, 2016. p. 843 - 858.

FINIMUNDI, M. A relação entre ritmo circadiano/rendimento escolar/turno escolar de estudantes de escolas públicas no município de Farroupilha/RS. 2012. 91 f.

Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FONSECA, R. W. da. A influência das reflexões internas como contribuição da iluminação natural no ambiente construído. 2007. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FROTA, A. B. **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros, 2004. 289 p.

GRAÇA, V. A. C. da; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building And Environment**, [s.l.], v. 42, n. 2, p.984-999, fev. 2007. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.10.020.

HRASKA, J. Chronobiological aspects of green buildings daylighting. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 73, p.109-114, jan. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.06.008.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Imperial Ltda. Lisboa, 1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Informações gerais. Disponível em:

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm . Acesso em: 13 jan. 2017.

JARAMILLO, C. B. Alterações na distribuição da luz natural causados pelos agrupamentos de estudantes em salas de aulas. 2014. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

KILIC, D. K.; HARISCI, D. Daylighting concepts for University Libraries and their Influences on users' satisfaction. **The Journal Of Academic Librarianship**, [s.i.], p. 471-479. ago. 2011.

KIM, G.; LIM, H. S.; LIM, T. S.; SCHAEFER, L.; KIM, J. T. Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings. **Energy and Buildings**, [S.I.], v. 46, p. 105–111, 2012.

KONIS, K. Evaluating daylighting effectiveness and occupant visual comfort in a side-lit open-plan office building in San Francisco, California. **Building and Environment**, [s.l.], v. 59, p.662-677, jan. 2013. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.017.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Arquitetura escolar e o projeto do ambiente de ensino. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 272 p.

LAM, W. M. C. **Sunlighting as formgiver for architecture**. Van nostrand Reinold company: Nova York, 1986.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3. ed. São Paulo: [s.i.], 2014. 382 p.

_____. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997.

LARANJA, A. C.; FERREIRA, N. S.; ALVAREZ, C. E., Análise da influência da variação das superfícies refletoras na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno e na extensão de sua profundidade. **Labor & Eng**enho, [s.i.], v. 3, n. 8, p.31-45, jan. 2016.

LARANJA, A. C.; GAZZANEO, L. M. C.; CABÚS, R. C. Interferências da refletância das obstruções na disponibilidade de iluminação natural do ambiente interno. **Seminário Internacional**: Ordem, Desordem e Ordenamento: Arquitetura, Espacialidade, Paisagem 1807 – 2009, Rio de Janeiro, 2009a.

LARANJA, A. C.; GAZZANEO, L. M. C.; CABÚS, R. C. Refletância das obstruções: um estudo da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. In: SEMINÁRIO ORDEM, DESORDEM, ORDENAMENTO: ARQUITETURA, ESPACIALIDADE, PAISAGEM - 1807 - 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: [s.i.], 2009b.

MAIOLI, R. N; TAUFNER, M. D.; ALVAREZ, C. E. de, A influência das prateleiras de luz no aproveitamento da luz natural sob obstrução externa. **Revista de Arquitectura**, [s.i.] v.16, p.105-113, dez. 2014.

MAIOLI, R. Avaliação da influência do dispositivo prateleira de luz no conforto visual em edificação comercial com entorno obstruído. 2014. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

MANHAS, M. P. G. **Difusa ou especular? Estudando o desempenho da prateleira de luz segunda a refletância de sua superfície.** 2016. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Alagoas, Maceió, 2016.

MARTAU, B. T. **A luz além da visão:** iluminação e sua relação com a saúde e bemestar de funcionárias de lojas de rua e shoppings centers em Porto Alegre. 2009. 504 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

MAXWELL, L. E. School building condition, social climate, student attendance and achievement: Α model. **Journal** Of academic mediation **Environmental** 2016. BV. Psychology, [s.l.], 46, p.206-216, jun. Elsevier http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.04.009.

MEDEIROS, R. da C. B. Avaliação do desempenho luminoso de protetores solares verticais na iluminação natural em ambiente de internação hospitalar. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

MERESI, A.; Evaluating daylight performance of light shelves combined with external blinds in south-facing classrooms in Athens, Greece. **Energy And Buildings**, [s.n.], v. 116, p.190-205, 2016.

MIRANDA, I. P.; FERREIRA, C. C.; VELOSO, A. C. de O. Os impactos da proteção solar no conforto visual e desempenho energético: estudo de caso de edifício comercial em São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9,7., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: ENCAC, 2011. p. 1 - 10.

NABIL, A. e MARDALJAVIC, J. Useful daylight illuminances: a replacement for daylight factors. **Energy and Buldings**, London: Elsevier, v. 38, p. 905-913, 2006.

NETTO, A. R. A.; BARRETO, D.; AKUTSU, M.; BRITO, A. C. de. Melhoria no desempenho lumínico de edifício com sistema não convencional de iluminação natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13, 9., 2015, Campinas. **Anais...** Campinas: ENCAC, ELACAC, 2015.

PEREIRA, C. D. Influência da refletância e da emitância das superfícies externas no desempenho térmico das edificações. 2014. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2014.

PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B.; Apostila da disciplina: Conforto Ambiental – Iluminação. UFSC – CT, Florianópolis, 2000.

PEREZ, Y. V.; CAPELUTO, I. G. Climatic considerations in school building design in the hot–humid climate for reducing energy consumption. **Applied Energy**, [s.l.], v. 86, n. 3, p.340-348, mar. 2009. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.05.007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE COLATINA (PMC). **Geografia.** Disponível em:<http://www.colatina.es.gov.br/acidade/?pagina=geografia>. Acesso em: 13 jan. 2017.

RAMOS, G.; GHISI, E. Avaliação do cálculo da iluminação natural realizada pelo programa Energy Plus. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 10, n. 2, p.157-169, jun. 2010.

SANTOS, L. S.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E.; AMORM, C. N. D. O Potencial de Uso da Luz Natural em Edifícios Escolares para a situação de Vitória-ES. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2010, Canela. **Anais...**, Canela: ENTAC, 2010.

SHARP, F.; LINDSEY, D.; DOLS, J.; COKER, J. The use and environmental impact of daylighting. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 85, p.462-471, dez. 2014. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.092

SILVA, J. S. da. Estratégias para luz natural: sistemas convencionais e brise-soleil como elemento de controle. **PARANOÁ: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Brasília, v. 3, p.22-36, 2007.

TOLEDO, G. E.; CÁRDENAS, O. F. Análise dos efeitos visuais e não visuais da iluminação natural: benefícios e estratégias. **Caderno de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 15, n. 2, 2015. Semestral.

TOMÉ, M. S.; MARINS, D. P. A.; ALVAREZ, C. E.; LARANJA, A. C. A influência da tipologia da janela na iluminação natural: o caso da Estação Antártica Comandante Ferraz. In: SUSTEINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT, [s.i], 2016, Vitória. **Anais...** Vitória: SBE16, 2016. p. 265 - 274.

TORRES, D.; ADELINO, T. A influência das dimensões de aberturas na distribuição da luz natural em dormitórios com base nos parâmetros do (RTQ-R): estudo realizado na cidade de Maceió, AL. In: ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2013, Brasília. **Anais...** [s.i]: ENCAC-ELACAC, 2013.

TREZENGA, P.; LOE, D. **Projeto de Iluminação.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 208 p.

VIANA, N. S.; GONÇALVEZ, J. C. S.; **Iluminação e Arquitetura.** 3. ed. São Paulo: Geros s/c Ltda, 2007. 400 p.

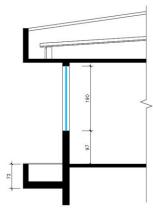
YANG, Z.; BECERIK-GERBER, B; MINO, L. A study on student perceptions of higher education classrooms: Impact of classroom attributes on student satisfaction and performance. **Building And Environment**, [s.l.], v. 70, p.171-188, dez. 2013. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.030.

YU, Xu; SU, Yuehong. Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation –A literature review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 52, p.494-503, dez. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.142.

7. APÊNDICES

APÊNDICE A - Comportamento do modelo sem brise e prateleiras de luz ("M7")

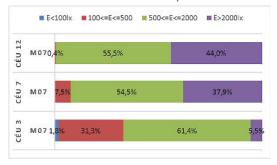
Figura 45: Modelo M7



Fonte: elaborado pela autora

Percentual das UDIS

Gráfico 185: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Norte, modelos M7



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 187: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Leste, modelos M7



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 186: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Sul, modelos M7



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 188: Percentuais de iluminância dos intervalos das UDI - Oeste, modelos M7



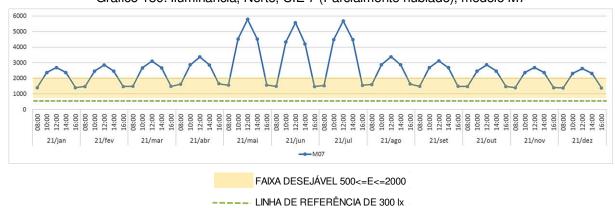
Quadro 38: Performance dos modelos M7 na análise de Percentual das UDI



Fonte: elaborado pela autora

Iluminância

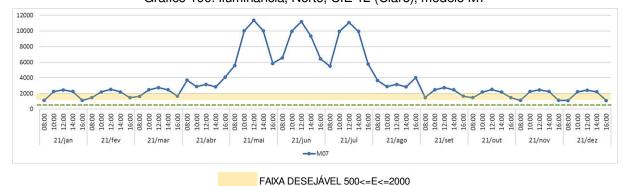
Gráfico 189: Iluminância, Norte, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelo M7



Fonte: elaborado pela autora

(NBR ISO/CIE 8995-1)

Gráfico 190: Iluminância, Norte, CIE 12 (Claro), modelo M7



----- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 IX (NBR ISO/CIE 8995-1)

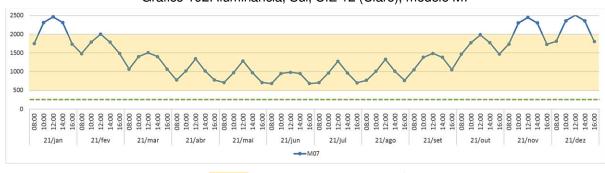
Gráfico 191: Iluminância, Sul, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelo M7

---- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 IX (NBR ISO/CIE 8995-1)

FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

Fonte: elaborado pela autora

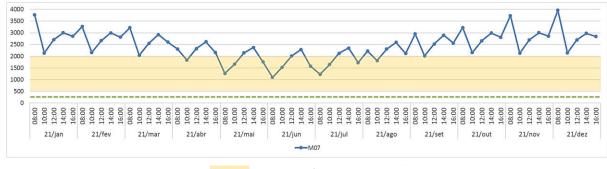
Gráfico 192: Iluminância, Sul, CIE 12 (Claro), modelo M7



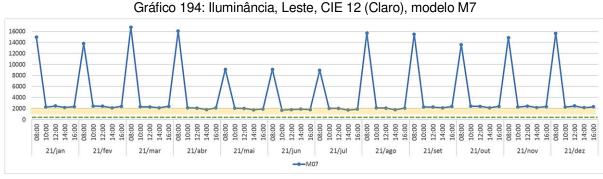
FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000
---- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 lx
(NBR ISO/CIE 8995-1)

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 193: Iluminância, Leste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelo M7



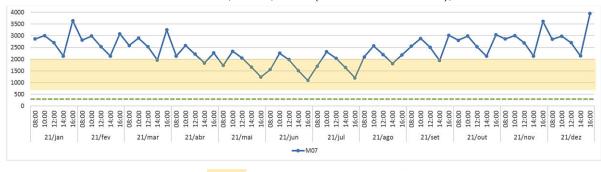
FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000
---- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 lx
(NBR ISO/CIE 8995-1)



FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000
----- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 IX
(NBR ISO/CIE 8995-1)

Fonte: elaborado pela autora

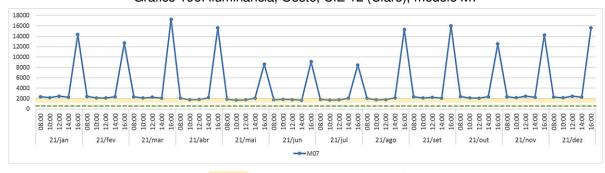
Gráfico 195: Iluminância, Oeste, CIE 7 (Parcialmente nublado), modelo M7



FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000
---- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 IX
(NBR ISO/CIE 8995-1)

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 196: Iluminância, Oeste, CIE 12 (Claro), modelo M7



FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000
----- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 lx (NBR ISO/CIE 8995-1)

Quadro 39: Performance dos modelos M6P_ext e M6B_ext na análise de Iluminância



Fonte: elaborado pela autora

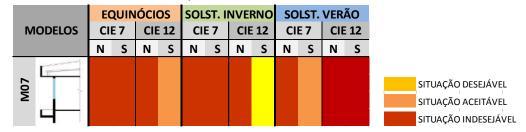
Uniformidade

Gráfico 197: Percentual de uniformidade do ambiente interno, modelo M7



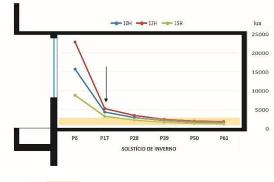
Fonte: elaborado pela autora

Quadro 40: Desempenho dos modelos M7 na análise de Uniformidade



Análise do Decaimento da Luz Natural

Gráfico 198: Decaimento da luz, M7, Norte, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

 % DEC → ENTO E UTRE OS PONTOS - SOLST. IU ENDO

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

 10H
 -72%
 -33%
 -30%
 -20%
 -10%

 12H
 -77%
 -35%
 -29%
 -21%
 -5%

-32%

15H

-63%

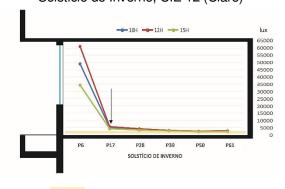
Fonte: elaborado pela autora

-26%

-22%

-7%

Gráfico 200: Decaimento da luz, M7, Norte, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)



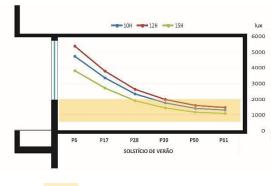
FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-90%	-21%	-34%	-11%	-15%
12H	-91%	-26%	-28%	-18%	2%
15H	-88%	-20%	-21%	-24%	-2%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 199: Decaimento da luz, M7, Norte, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)

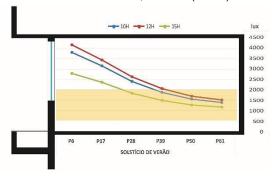


FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61 10H -29% -30% -25% -20% -9% 12H -30% -30% -25% -20% -10% 15H -24% -29% -30% -19% -8%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 201: Decaimento da luz, M7, Norte, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)

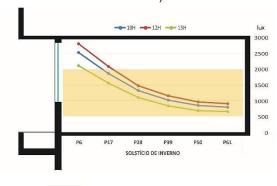


FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

O/ DECAIMENTO	ENTRE OS PONTOS -	COLCT VEDÃO
70 DECAMPLEM O	ENTRE OF FUNIOF	· OULOI. VENAU

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-17%	-24%	-22%	-18%	-10%
12H	-17%	-24%	-22%	-18%	-10%
15H	-16%	-22%	-19%	-15%	-9%

Gráfico 202: Decaimento da luz, M7, Sul, Solstício de Inverno, CIE 7 (Parcialmente nublado)



FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

 % DEC → MENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

 HORA/DIA
 P6 a P17
 P17 a P28
 P28 a P39
 P39 a P51
 P50 a P61

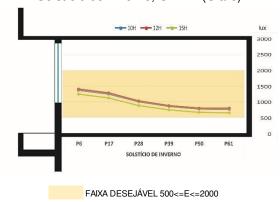
 10H
 -26%
 -30%
 -23%
 -17%
 -5%

 12H
 -26%
 -29%
 -23%
 -17%
 -5%

 15H
 -26%
 -30%
 -24%
 -18%
 -5%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 204: Decaimento da luz, M7, Sul, Solstício de Inverno, CIE 12 (Claro)

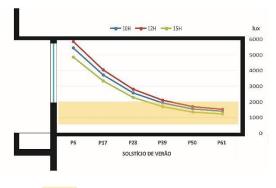


% DECAMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. INVERNO

HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-9%	-20%	-15%	-10%	-2%
12H	-9%	-20%	-14%	-9%	-2%
15H	-10%	-21%	-16%	-11%	-2%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 203: Decaimento da luz, M7, Sul, Solstício de Verão, CIE 7 (Parcialmente nublado)

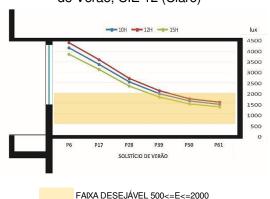


FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000

% DEC	AIMENTO	ENTRE O	S PONTOS	- SOLST.	VERÃO
HORA/DIA	P6 a P17	P17 a P28	P28 a P39	P39 a P51	P50 a P61
10H	-32%	-31%	-25%	-20%	-9%
12H	-31%	-31%	-25%	-20%	-10%
15H	-32%	-32%	-26%	-21%	-8%

Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 205: Decaimento da luz, M7, Sul, Solstício de Verão, CIE 12 (Claro)



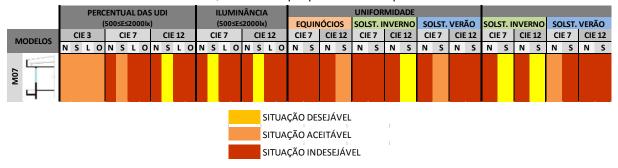
% DECAIMENTO ENTRE OS PONTOS - SOLST. VERÃO HORA/DIA P6 a P17 P17 a P28 P28 a P39 P39 a P51 P50 a P61 10H -19% -25% -22% -18% -10% 12H -19% -22% -10% -25% -18% 15H -19% -25% -23% -19% -9%

Quadro 41: Performance dos modelos M7 na análise de Decaimento d Luz Natural



Fonte: elaborado pela autora

Quadro 42: Síntese das análises, com destaque para a melhor performance entre os modelos M7



Fonte: elaborado pela autora

APÊNDICE B – Comportamento dos modelos na análise de Iluminância para *céu* encoberto (CIE 3)

Gráfico 206: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M1P e M1B

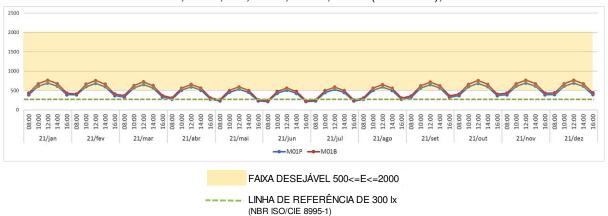
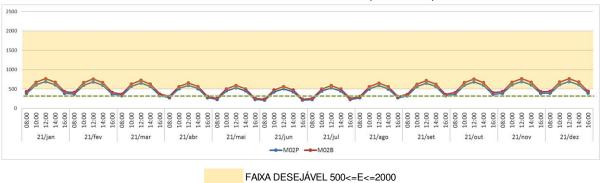


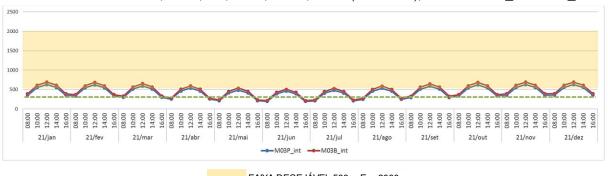
Gráfico 207: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M2P e M2B



---- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 IX (NBR ISO/CIE 8995-1)

Fonte: elaborado pela autora

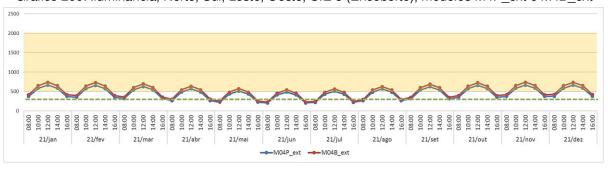
Gráfico 208: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M3P int e M3B int



FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000
---- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 lx
(NBR ISO/CIE 8995-1)

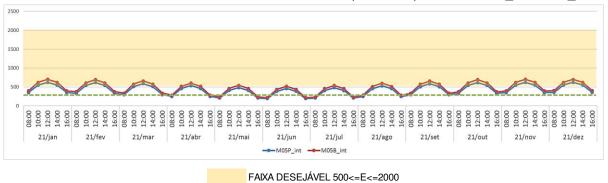
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 209: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M4P ext e M4B ext



FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000
---- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 lx
(NBR ISO/CIE 8995-1)

Gráfico 210: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M5P_int e M5B_int

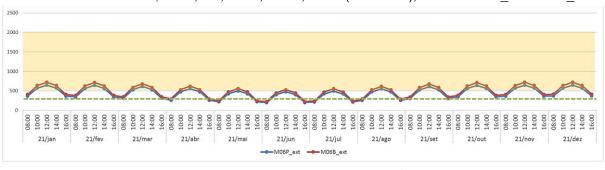


Fonte: elaborado pela autora

(NBR ISO/CIE 8995-1)

- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 lx

Gráfico 211: Iluminância, Norte, Sul, Leste, Oeste, CIE 3 (Encoberto), modelos M6P_ext e M6B_ext



FAIXA DESEJÁVEL 500<=E<=2000 ----- LINHA DE REFERÊNCIA DE 300 lx (NBR ISO/CIE 8995-1)